

518,635  
20 DEC 2004

Pat'd P

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2003 年12 月31 日 (31.12.2003)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2004/000621 A1

- (51) 国際特許分類<sup>7</sup>: B60T 8/58, B60R 16/02, G01L 5/16
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2003/007441
- (22) 国際出願日: 2003 年6 月11 日 (11.06.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願2002-181485 2002 年6 月21 日 (21.06.2002) JP  
特願2002-294904 2002 年10 月8 日 (08.10.2002) JP  
特願 2002-379916 2002 年12 月27 日 (27.12.2002) JP  
特願 2002-380505 2002 年12 月27 日 (27.12.2002) JP  
特願2003-66710 2003 年3 月12 日 (12.03.2003) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社  
ブリヂストン (BRIDGESTONE CORPORATION)

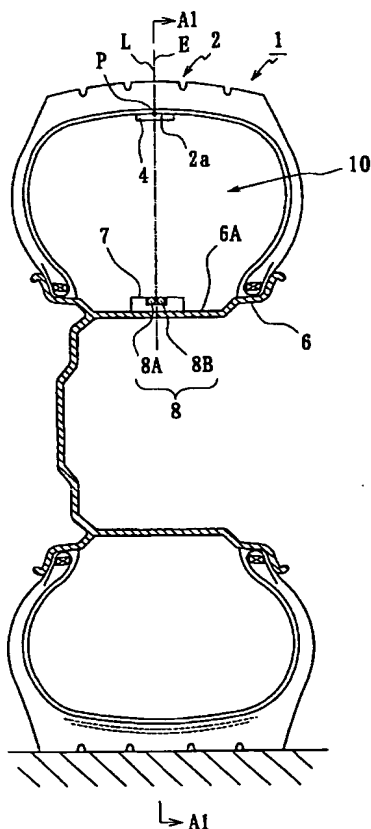
[JP/JP]; 〒104-8340 東京都 中央区 京橋 1 丁目 1 0 番  
1 号 Tokyo (JP).

- (72) 発明者; および  
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 島 広志  
(SHIMA, Hiroshi) [JP/JP]; 〒187-8531 東京都 小平市  
小川東町 3-1-1 株式会社ブリヂストン 技術セン  
ター内 Tokyo (JP). 小林 克宏 (KOBAYASHI, Katsuhiko)  
[JP/JP]; 〒187-8531 東京都 小平市 小川東町 3-1-1  
株式会社ブリヂストン 技術センター内 Tokyo (JP).  
関 互 (SEKI, Wataru) [JP/JP]; 〒187-8531 東京都 小平  
市 小川東町 3-1-1 株式会社ブリヂストン 技術  
センター内 Tokyo (JP). 青池 由紀夫 (AOIKE, Yukio)  
[JP/JP]; 〒187-8531 東京都 小平市 小川東町 3-1-1  
株式会社ブリヂストン 技術センター内 Tokyo (JP).  
栗 孝久 (SHIZUKU, Takahisa) [JP/JP]; 〒187-8531 東  
京都 小平市 小川東町 3-1-1 株式会社ブリヂスト  
ン 技術センター内 Tokyo (JP).

[続葉有]

(54) Title: TIRE ACTING FORCE MEASURING METHOD, AND TIRE ACTING FORCE MEASURING DEVICE

(54) 発明の名称: タイヤに作用する力の測定方法およびタイヤ作用力測定装置



(57) Abstract: A tire acting force measuring method and a tire acting force measuring device, the method capable of accurately measuring the coefficient of friction on road surface, comprising the step of detecting a magnetic field formed by a magnet fixed to the tread part of a tire by a magnetic sensor fixed to a rim to measure forces acting on the tire from the variation pattern of a flux density detected when the tire is rotated; the device wherein the forces acting on the tire in radial and circumferential directions necessary for accurately measuring the coefficient of friction on road surface are easily and accurately measured without affecting the balance of the tire, whereby the coefficient of friction on road surface can be accurately measured.

(57) 要約: タイヤのトレッド部に固定された磁石によって形成される磁界を、リムに固定された磁気センサで検知し、タイヤの回転に際して検知される磁束密度の変化パターンからタイヤに作用する力を測定することにより、路面摩擦係数の高精度な測定に必要な、タイヤに作用するタイヤ半径方向の力およびタイヤ周方向の力を、簡易にかつ高精度に測定し、しかも、タイヤのバランスに影響を与えることのないタイヤ作用力測定装置を提供し、路面摩擦係数の高精度な測定に資する。

WO 2004/000621 A1



(74) 代理人: 杉村 興作 (SUGIMURA, Kosaku); 〒100-0013  
東京都千代田区霞が関3丁目2番4号霞山ビルディ  
ング Tokyo (JP).

(81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB,  
BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,  
DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU,  
ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT,  
LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO,  
NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL,  
TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU,  
ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ,  
SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM,  
AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許  
(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,  
GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR),  
OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW,  
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される  
各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語  
のガイダンスノート」を参照。

## 明 細 書

## タイヤに作用する力の測定方法およびタイヤ作用力測定装置

技術分野

本発明は、車両のアンチスキッドブレーキシステム（以下「ABS」という）、もしくは、トラクションコントロールシステムの制御に必要な路面摩擦係数を精度よく測定するための、タイヤに作用する力の測定方法に関する。

背景技術

車両に用いられるABSの性能を高めるためには、できるだけ大きい路面摩擦係数の状態で、ロック、アンロックの制御を行うことが効果的であり、この路面摩擦係数は、一定の路面状態では、車輪のスリップ率に依存するため、ABSは、最大の路面摩擦係数を与えるスリップ率の近傍でロック、アンロックを制御するように設計される。

このことから、従来のABSでは、スリップ率を、測定した車両の速度および車輪の回転速度から計算して求め、このスリップ率が所定の範囲に入るよう制動を自動制御する方式が一般的である。

しかしながら、スリップ率を制御して最適の路面摩擦係数を得ようとするこの方法は一定の路面では有効であるが、実際の走行においては、路面材質、天候等によりスリップ率と路面摩擦係数との関係が大きく左右され、スリップ率を所定範囲内に制御しても最適路面摩擦係数が得られないという問題があった。このため、路面がタイヤに作用する周方向および垂直方向の力を測定して、この測定した力から直接摩擦係数を求め、求めた摩擦係数が最適なものとなるよう制動を制御することが望ましく、このため、例えば、特表平10-506346号公報に示されるように、タイヤに作用する力を直接計測する方法が提案されている。

この従来の力の測定方法は、タイヤの一方のサイドウォール部の、同一半径上で半径方向位置の異なる二つの基準点のそれぞれに磁石を配置した磁石対を、複数対、タイヤの中心軸の周りに互いに離隔して配設するとともに、それぞれの基準点に対応する半径方向位置に、磁気センサを車両に固定して設けておき、タイヤの回転に従い相対変位するそれぞれの基準点とこれらに対応する磁気センサとが真正面に対向して位置するタイミングを、磁気センサで検出される磁束密度のピークが現れるタイミングとして捉え、このタイミングの各基準点に対する相互の時間ずれから、磁石対内の基準点の相対位置ずれ、および、磁石対間の基準点の相対位置ずれを算出し、次いでこれらの相対位置ずれをもとにタイヤの周方向および垂直方向のひずみを計算し、計算されたひずみと既知のタイヤ剛性とから周方向および垂直方向に作用する力を求めるものである。

しかしながら、この方法は、時間のずれから、基準点間の相対ずれを計算するにあたり、常に変化する車輪の回転速度のデータを取りこんで計算する必要があり、制御が複雑になるとともに、車輪の回転速度の精度に影響されて、計算の精度が悪化するという問題があった。

本発明は、このような問題点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、路面摩擦係数の高精度な測定に必要な、タイヤに作用するタイヤ半径方向の力およびタイヤ周方向の力を、簡易でかつ高精度に測定することができる測定方法およびタイヤ作用力測定装置を提供することにある。

### 発明の開示

上記目的を達成するため、この発明はなされたものであり、その要旨構成を以下に示す。

#### (1)

本発明のタイヤに作用する力の測定方法は、リムに装着されて走行するタイヤの、接地面に作用する周方向および半径方向の力の少なくとも一方を測定する力

の測定方法であって、

リム外周面上の点をQとし、外力の非作用下で点Qを通り半径方向に延びる直線とタイヤのトレッド部内周面との交点をPとしたとき、点Pがタイヤ接地部分を通過する際、点Qに対する点Pの周方向もしくは半径方向の相対変位が点Qの回転位置に応じて変化する変化パターンから前記力を求めるものである。

(2)

本発明のタイヤに作用する力の測定方法は、(1)に記載の発明において、点P及び点Qのいずれか一方に配置された磁石が形成する磁界を、点P及び点Qのいずれか他方に配置された磁気センサで連続的に測定し、前記点Pと点Qとの相対変位の変化パターンを、この相対変位に応じて変化する磁束密度の変化パターンから逆算して求めるものである。

なお、本明細書において、単に「磁石」と言う場合は、何らかの磁界を形成することのできるものをいい、例えば、複数の磁石を所定の態様に配置した複合磁石や、所定の磁化分布で着磁した磁性体も含んでこれを「磁石」という。

(3)

本発明のタイヤに作用する力の測定方法は、(2)に記載の発明において、タイヤへの外力の非作用下で、前記磁界の磁力線分布が点Pもしくは点Qを含むタイヤ子午線面に関し面対称となるように設けられた磁石を用いて前記磁束密度の測定を行い、

前記磁束密度のタイヤ周方向成分の変化パターンの極大値と極小値との平均からタイヤ周方向に作用する力を求め、この変化パターンの極大値と極小値の差からタイヤ半径方向に作用する力を求めるものである。

なお、「タイヤ子午線面」とは、タイヤの回転軸を含む面をいう。

(4)

本発明のタイヤに作用する力の測定方法は、(2)に記載の発明において、タイヤへの外力の非作用下で、前記磁界の磁力線分布が点Pもしくは点Qを含むタイ

ヤ子午線面に関し面対称となるように設けられた磁石を用いて前記磁束密度の測定を行い、

前記磁束密度のタイヤ半径方向成分の変化パターンの極大値もしくは極小値からタイヤ半径方向に作用する力を求めるものである。

(5)

本発明のタイヤに作用する力の測定方法は、(2)に記載の発明において、タイヤへの外力の非作用下で、前記磁界の磁束密度の幅方向成分が、タイヤ周方向に沿って変化するように設けられた磁石を用いて前記磁束密度の測定を行い、

前記磁束密度のタイヤ幅方向成分の変化パターンの極大値と極小値との平均からタイヤ周方向に作用する力を求め、この変化パターンの極大値と極小値の差からタイヤ半径方向に作用する力を求めるものである。

(6)

本発明のタイヤに作用する力の測定方法は、(2)に記載の発明において、タイヤへの外力の非作用下で、形成する磁束密度幅方向成分のタイヤ周方向に沿った変化が互いに反転関係となる、互いに近接して設けられた一対の磁石のそれぞれについて前記磁束密度の測定を並行して行い、

一方の磁石について測定したタイヤ幅方向成分の磁束密度の変化パターンを反転した反転パターンと、他方の磁石について測定されたタイヤ幅方向成分の磁束密度の変化パターンとの、極大値同士の平均値を平均極大値とし、極小値同士の平均値を平均極小値として、平均極大値と平均極小値との平均からタイヤ周方向に作用する力を求め、平均極大値と平均極小値の差からタイヤ半径方向に作用する力を求めるものである。

なお、上記の、平均極大値と平均極小値との平均からタイヤ周方向に作用する力を求め、平均極大値と平均極小値の差からタイヤ半径方向に作用する力を求めるものであるとする代わりに、一方の磁石についての前記反転パターンと他方の磁石についての前記変化パターンとを加算し、その最大値と最小値との平均から

タイヤ周方向の力を求め、その最大値と最小値との差から半径方向に作用する力を求めるものであるとすることもできる。

(7)

本発明のタイヤ作用力測定装置は、(2)～(6)のいずれかに記載の測定方法に用いるタイヤ作用力測定装置において、

磁石をトレッド部の内周面に設けるとともに、磁石をトレッド部の内周面に設けるとともに、磁気センサをリム外周面に、直接的にもしくは取付治具を介して間接的に取り付けてなるものである。

(8)

本発明のタイヤ作用力測定装置は、(2)～(6)のいずれかに記載の測定方法に用いるタイヤ作用力測定装置において、

磁石をリム外周面に、直接的にもしくは取付治具を介して間接的に取り付け、磁気センサを、トレッド部の内周面に設けてなるものである。

(9)

本発明のタイヤ作用力測定装置は、(7)もしくは(8)に記載の発明において、前記磁石を、長さ方向両端のそれぞれに同じ極性の磁極を有し長さ方向中央に両端の磁極と逆の極性の磁極を有する、長さ方向に対称なシート状磁石で構成し、この磁石を長さ方向がタイヤ周方向に延在するよう配置してなるものである。

(10)

本発明のタイヤ作用力測定装置は、(7)もしくは(8)に記載の発明において、前記磁石を、両端に互いに逆極性の磁極を有する二枚の磁石で構成し、これら二枚の磁石を、タイヤ幅方向に互いに逆向きに延在させるとともにタイヤ周方向に並んで配列させてなるものである。

(11)

本発明のタイヤ作用力測定装置は、(7)に記載の発明において、前記磁石を、表裏両面での磁化の分布が互いに反転関係にある少なくとも一枚のシート状磁石

で構成してなるものである。

(12)

本発明のタイヤ作用力測定装置は、(11)に記載の発明において、前記シート状磁石を、表裏それぞれの面内で同一の極性の磁化を全面にわたってほぼ均一に分布させた均一な厚さの矩形状ゴムシートで構成してなるものである。

(13)

本発明のタイヤ作用力測定装置は、(12)に記載の発明において、一枚の矩形状シート状磁石を、その磁石中心を前記点Pに位置させて配置し、磁石の一辺を周方向に向けてなるものである。

(14)

本発明のタイヤ作用力測定装置は、(12)に記載の発明において、四枚の同じ大きさの矩形状シート状磁石を、前記点Pに中心を有し一辺がタイヤ周方向に平行な四角形のそれぞれの頂点に磁石中心を位置させて配置し、それぞれの磁石の一辺をタイヤ周方向に向け、これらの磁石同士のタイヤ周方向およびタイヤ幅方向の離隔距離をそれぞれ100mm以下とし、点Pに中心をもつ前記四角形の相隣接する頂点に位置するシート状磁石同士の磁極の向きを互いに逆向きにしてなるものである。

(15)

本発明のタイヤ作用力測定装置は、(12)に記載の発明において、二枚の同じ大きさの矩形状シート状磁石を、点Pに中心を有し一辺がタイヤ周方向に平行な四角形の対角をなす一对の頂点に磁石中心を位置させて配置し、それぞれの磁石の一辺をタイヤ周方向に向け、これらの磁石同士のタイヤ周方向およびタイヤ幅方向の離隔距離をそれぞれ100mm以下とし、これらシート状磁石同士の磁極の向きを同じ向きにしてなるものである。

(16)

本発明のタイヤ作用力測定装置は、(12)に記載の発明において、六枚の同じ



大きさの矩形状シート状磁石をタイヤ周方向に沿って左右三列に同じ向きに二枚ずつ等間隔に配置し、それぞれの磁石の一辺をタイヤ周方向に向け、これらの磁石同士のタイヤ周方向およびタイヤ幅方向の離隔距離をそれぞれ100mm以下とし、六枚の磁石は、磁極の向きが、タイヤ周方向およびタイヤ幅方向に隣接するいずれの磁石同士でも逆向きとなるように配置されてなり、

タイヤへの外力の非作用下で、相隣接する四枚のシート状磁石により形成される二個の矩形の中心を通して半径内外に延びる線上にそれぞれの矩形に対応する磁気センサを配置してなるものである。

(17)

本発明のタイヤ作用力測定装置は、(7)～(16)のいずれかに記載の発明において、磁石もしくは磁気センサを、リム外周面に取付治具を介して間接的に取り付けるとともに、リム外周面からタイヤ半径方向外側に離隔した位置に設けるものである。

(18)

本発明のタイヤ作用力測定装置は、(17)に記載の発明において、前記取付治具を、ステーもしくは、リム周上を一周する環状体とするものである。

(19)

本発明のタイヤ作用力測定装置は、(17)もしくは(18)に記載の発明において、磁石もしくは磁気センサのリム外周面からの離隔距離を調整する調整手段を設け、調整手段を作動させる操作部をリムのタイヤ半径方向内側に配置してなるのである。

#### 図面の簡単な説明

図1は、トレッド部上の点とこの点の方位を示すタイヤの正面図である。

図2は、トレッド部上の点の変位の周方向成分および半径方向成分と、方位 $\phi$ との関係を表すグラフである。

図 3 は、トレッド部上の点の変位の周方向成分および半径方向成分と、方位  $\phi$  との関係を表すグラフである。

図 4 は、本発明に係る第一の実施形態のタイヤに作用する力の測定方法に用いるタイヤの断面図である。

図 5 は、図 4 の A 1 - A 1 断面を示すタイヤの断面図である。

図 6 は、磁束密度の周方向成分の変化と方位  $\phi$  との関係を示すグラフである。

図 7 は、磁束密度の半径方向成分の変化と方位  $\phi$  との関係を示すグラフである。

図 8 は、実施形態のタイヤに作用する力の測定方法を用いて力を測定する力測定システムの構成を示すシステム構成図である。

図 9 は、磁気センサで検出される磁束密度の周方向成分および半径方向成分の時間変化を表すグラフである。

図 10 は、本発明に係る第二の実施形態のタイヤに作用する力の測定方法に用いるタイヤの断面図である。

図 11 は、磁石の配置を示すタイヤの斜視図である。

図 12 は、磁気センサと同じタイヤ半径方向高さの赤道上での磁束密度のタイヤ幅方向成分を示す略線展開図である。

図 13 は、磁束密度の周方向成分の変化と方位  $\phi$  との関係を示すグラフである。

図 14 は、磁気センサで検出される磁束密度の周方向成分の時間変化を表すグラフである。

図 15 は、本発明に係る第三の実施形態のタイヤに作用する力の測定方法に用いるタイヤの断面図である。

図 16 は、図 15 の A 2 - A 2 断面を示すタイヤの断面図である。

図 17 は、シート状磁石から放射される磁力線の分布を示す模式図である。

図 18 は、本発明に係る第四の実施形態のタイヤに作用する力の測定方法に用いるタイヤの断面図である。

図 19 は、磁石の配置を示すタイヤの斜視図である。

図 2 0 は、シート状磁石から放射される磁力線の分布を示す模式図である。

図 2 1 は、磁気センサと同じタイヤ半径方向高さの赤道上で磁束密度のタイヤ幅方向成分を示す略線展開図である。

図 2 2 は、本発明に係る第四の実施形態の変形例を示すタイヤの断面図である。

図 2 3 は、磁石の配置を示すタイヤの斜視図である。

図 2 4 は、シート状磁石から放射される磁力線の分布を示す模式図である。

図 2 5 は、磁気センサと同じタイヤ半径方向高さの赤道上で磁束密度のタイヤ幅方向成分を示す略線展開図である。

図 2 6 は、本発明に係る第五の実施形態のタイヤに作用する力の測定方法に用いるタイヤの断面図である。

図 2 7 は、磁石の配置を示すタイヤの斜視図である。

図 2 8 は、シート状磁石から放射される磁力線の分布を示す模式図である。

図 2 9 は、磁気センサと同じタイヤ半径方向高さの赤道上で磁束密度のタイヤ幅方向成分を示す略線展開図である。

図 3 0 は、磁束密度の周方向成分の変化と方位  $\phi$  との関係を示すグラフである。

図 3 1 は、本発明に係る他の実施形態の変形例を示すタイヤの断面図である。

図 3 2 は、図 3 1 の矢視 A 3 - A 3 に対応するタイヤの断面図である。

図 3 3 は、本発明に係る他の実施形態の変形例を示すタイヤの断面図である。

図 3 4 は、磁気センサの取り付け態様を示す断面図である。

図 3 5 は、磁気センサの他の取り付け態様を示す断面図である。

図 3 6 は、図 3 3 の矢視 A 4 - A 4 に対応するタイヤの断面図である。

図 3 7 は、車両の制動直前から停止までの間を所定間隔ごとに測定したタイヤ半径方向力、周方向力の測定値と、磁気測定から求められる計算値との相関を表すグラフである。

### 発明を実施するための最良の形態

本発明のタイヤ作用力の測定方法は、タイヤトレッド部上の点Pの変位のタイヤ回転下での時間変化からタイヤに作用する力を求めるものであり、その原理を説明する。図1は、タイヤ1のトレッド部2の内周面上のタイヤ幅方向中央にある所定の点Pの方位 $\phi$ における変位Dを説明するタイヤの略式正面図である。点Pの方位 $\phi$ とは、タイヤ回転中心Oを原点する極座標で表される点Pの位置のタイヤ周方向座標成分を、所定の基準方位、たとえば軸直上の方位 $\phi_u$ からの周方向角度で表したものである。そして、方位 $\phi$ にある点Pの変位Dとは、どこも路面と接地していない状態、すなわち外力の非作用下におけるタイヤ1において定義される、方位 $\phi$ にあるトレッド部の内周面中央の点Pが、タイヤ1が路面に接地してタイヤ接地面への力の作用下で点P'まで移動したとすると、点Pと点P'とのそれぞれの位置の差をベクトルで表した物理量をいうものとする。

まず、タイヤ1の接地面にはタイヤ半径方向の力Rだけが作用し、タイヤ1を回転させようとするタイヤ周方向の力Tは作用しない状態を考える。この場合、点Pが、CCWの向きに方位 $\phi_{f1}$ から方位 $\phi_{b1}$ に至るまでの区間にあるとき、点Pは接地面からの力の影響を受けることがないのでその変位Dの大きさは0である。そして、接地面上に位置する区間、すなわちCCWの向きに $\phi_{b2}$ から $\phi_{f2}$ に至るまでの区間上の点Pに対しては、タイヤ接地部分が路面に押されてタイヤ回転中心に近づくとともに周方向に広がるので、点Pの変位Dのタイヤ半径方向成分 $D_r$ は、その向きは内側に向いていて点Pが方位 $\phi_d$ にあるとき最大となり、一方、タイヤ周方向成分 $D_\theta$ は、方位 $\phi_d$ にある点Pに対してはゼロであるが他の方位にある点Pに対しては接地面を周方向外側に広げる向きの力が作用してその向きに沿った変位が生起される。さらに、タイヤ1の、接地面に隣接する非接地部分、すなわち、CCWの向きに方位 $\phi_{f2}$ から $\phi_{f1}$ に至るまでの区間および方位 $\phi_{b1}$ から $\phi_{b2}$ に至るまでの区間にある点Pについても、接地面に作用する力の影響を受けて同様の変位Dが発生する。

図2 (a)、図2 (b)は、横軸に方位 $\phi$ をとり、縦軸にはそれぞれ変位 $D$ の周方向成分 $D_\theta$ 、半径方向成分 $D_r$ をとって、変位のそれぞれの成分 $D_\theta$ 、 $D_r$ と方位 $\phi$ との関係をグラフ化した図である。各成分の正負は次の通りとした。すなわち、半径方向成分 $D_r$ に関しては、タイヤ回転中心に向かう向きを正とし、周方向成分 $D_\theta$ に関しては、図1において反時計回りの向きCCWを正とした。そして、以上に説明した、タイヤ1を回転させる力がゼロであると仮定した場合の変位 $D$ を、図2 (a)、図2 (b)において、 $T_0$ で示す曲線で表した。

ついで、 $T_0$ で示されるタイヤ半径方向の力 $R$ だけの作用に加えて、タイヤ1を時計回りに回転する回転モーメントがタイヤ1に作用し路面から反時計回りのタイヤ周方向の力 $T_1$ がタイヤ1の接地面に作用すると、変位 $D$ は、図2 (a)、図2 (b)において曲線 $T_1$ で表されるものとなり、これは曲線 $T_0$ で表される前述の変位に、タイヤ周方向の力 $T_1$ に起因して発生する接地面全体にわたる反時計回り向きの変位が加わったものとなる。そして、タイヤ周方向の力が $T_1$ より大きい値 $T_2$ の場合は、変位 $D$ は、図2 (a)、図2 (b)において曲線 $T_2$ で表されるものとなる。このことから、タイヤの接地面に作用するタイヤ周方向の力 $T$ は、変位 $D$ の半径方向成分 $D_r$ にはほとんど影響を与えないが、変位の周方向成分 $D_\theta$ を接地面全体にわたってほぼ均一に増減させ、増減の度合いはタイヤ周方向の力 $T$ の大きさに比例することがわかった。

以上、点Pの変位 $D$ に対するタイヤ周方向の力 $T$ による影響について説明したが、次に、タイヤ半径方向の力 $R$ の影響について考察する。図3 (a) および図3 (b) はそれぞれ、タイヤ1に作用するタイヤ周方向の力 $T$ をゼロにした状態でタイヤ半径方向の力 $R$ を変化させたときの、点Pの変位 $D$ の周方向成分 $D_\theta$ および半径方向成分 $D_r$ の変化を、横軸に方位 $\phi$ を、縦軸に変位のそれぞれの成分 $D_\theta$ 、 $D_r$ をとって示すものであり、図中の曲線 $R_0$ 、 $R_1$ 、 $R_2$ は、それぞれタイヤに作用するタイヤ半径方向の力 $R$ が $R_0$ 、 $R_1$ 、 $R_2$ のときのものであり、タイヤ半径方向の力 $R$ の大きさは、 $R_0$ がもっとも小さく $R_2$ がもっとも大きい。

図3 (a) および図3 (b) からわかるように、タイヤ半径方向の力Rの大きさにほぼ比例して、点Pの周方向成分変位 $D_\theta$ および半径方向成分変位 $D_r$ が変化することがわかる。

以上のことをまとめると、方位 $\phi$ における変位Dの周方向成分 $D_\theta$ と半径方向成分 $D_r$ とは、接地面に作用するタイヤ半径方向の力Rとタイヤ周方向の力Tとを用いて式(1)、式(2)のように表すことができる。

$$D_\theta = M1(\phi) \cdot R + N1(\phi) \cdot T \quad (1)$$

$$D_r = M2(\phi) \cdot R + N2(\phi) \cdot T \quad (2)$$

ここで、 $M1(\phi)$ 、 $N1(\phi)$ 、 $M2(\phi)$  および  $N2(\phi)$  は方位 $\phi$ によって定まる比例定数である。そして、前述の説明より、半径方向の変位 $D_r$ は、周方向力Tの影響をほとんど受けないので、 $N2(\phi)$  はほぼゼロである。

以上のことから、特定の二つの方位 $\phi_1$ 、 $\phi_2$ に対するそれぞれの $D_\theta$ の値 $D_{\theta_1}$ 、 $D_{\theta_2}$ がわかれば、あらかじめ実験等で求めておいた $M1(\phi_1)$ 、 $N1(\phi_1)$ 、 $M1(\phi_2)$  および  $N1(\phi_2)$  を用いてタイヤ半径方向の力Rとタイヤ周方向の力Tとをそれぞれ式(3)と式(4)とに基づいて逆算することができる。また、特定の方位 $\phi_3$ に対する $D_r$ の値 $D_{r_3}$ がわかれば、タイヤ半径方向の力Rを、あらかじめ実験等で求めておいた $M2(\phi_3)$ を用いて式(5)に基づき逆算することができる。

$$R = (N1(\phi_2) \cdot D_{\theta_1} - N1(\phi_1) \cdot D_{\theta_2}) / MM \quad (3)$$

$$T = (M1(\phi_1) \cdot D_{\theta_2} - M1(\phi_2) \cdot D_{\theta_1}) / MM \quad (4)$$

$$R = D_{r_3} / M2(\phi_3) \quad (5)$$

ただし、

$$MM = (M1(\phi_1) \cdot N1(\phi_2) - M1(\phi_2) \cdot N1(\phi_1)) \quad (6)$$

以上の説明において、点Pの変位Dを、外力の作用により発生する、外力の非作用下における仮想位置からのずれとしたが、実際には、その測定は難しいので、点Pのこの仮想位置からのずれの代りに、外力の作用下でタイヤが回転してもこの仮想位置との相対変位がゼロである点、すなわち、剛体として近似できるリム上の点Qとの相対変位を測定することにより、点Pの変位を測定することができ、したがって、以上の説明において、「点Pの変位D」は、「リム上の点Qに対する相対変位」と言い換えることができる。そして、点Qとして、例えば、点Pと同一半径上にあるリム外周面上の点を取り、ここに点Pの変位を検出するセンサを配置することができる。

本発明は、上記のようにして求められた所定の方位 $\phi$ における変位 $D_{\theta_{\phi}}$ もしくは $D_{r_{\phi}}$ から、既知の弾性率を用いてタイヤに作用するタイヤ半径方向の力Rやタイヤ周方向の力Tを求めるものであるが、以下に示す実施形態は、いずれも、変位 $D_{\theta}$ もしくは $D_r$ を、磁氣的に計測してタイヤに作用する力RもしくはTを求めるものである。

まず、第一の実施形態について図4～図9に基づいて説明する。図4は、タイヤ1をタイヤ子午線面における断面で示す断面図であり、図5は、図4の矢視A1-A1に対応する断面図である。トレッド部2のタイヤ半径方向内側の面すなわちタイヤ内周面2aのタイヤ幅方向中央には、一枚の矩形のシート状の磁石4が貼り付けられ、一方、リム6のリムウェル部6Aのタイヤ半径方向外側表面の幅方向中央には、磁気センサ8が固定される。磁石4は、矩形の長さ方向をタイヤ周方向に延在させるとともに、タイヤ1への外力の非作用下において、磁気センサ8の検知部中心を通りタイヤ半径方向内外に延びる直線L上のタイヤ内周面上の点Pに矩形の中心が位置するように配置され、磁石4と磁気センサ8とでタイヤ作用力測定装置10を構成する。

前記磁気センサ8は、磁石4から放射される磁界のタイヤ半径方向成分 $H_r$ を検出するセンサ8A、周方向成分 $H_{\theta}$ を検出するセンサ8Bよりなっている。そ

して、リム 6 には、図示しない中継線およびコネクタを介して磁気センサ 8 から入力した信号を処理しこれを車体側に設けられた受信装置に送信する送信装置 7 が取り付けられている。

タイヤ周方向に延在する磁石 4 の両端にはそれぞれ同じ極性の磁極が、長さ方向の中央には、両端と逆の極性の磁極が形成され、図示の場合、例えば、両端には S 極の磁極 4 S、中央には N 極の磁極 4 N が設けられる。そして、このように構成された磁石によって、磁力線分布が点 P を含む子午線面、すなわち、図 5 において直線 L を含み紙面に直角な面に関して面对称となる磁界が形成される。

以上のように構成されたタイヤ作用力測定装置 10 において、タイヤ 1 の接地面に力が作用して、磁石 4 が貼り付けられている点 P に前述の変位 D が生じたとき、リム 6 に固定された磁気センサ 8 A、8 B と磁極 4 N との相対位置も変位 D だけ変化し、その結果、磁石 4 によって形成された磁界の、磁気センサ 8 A、8 B が検出するタイヤ周方向成分  $H_\theta$ 、タイヤ半径方向成分  $H_r$  も変化する。

点 P の変位 D がゼロのとき、磁気センサ 8 A、8 B の位置において、磁力線は半径方向に向いているので、 $H_\theta$  はゼロであり、また、その  $H_r$  は所定の値  $H_{r0}$  となっていて、点 P の変位後の磁束密度のタイヤ周方向成分およびタイヤ半径方向成分  $H_\theta$ 、 $H_r$  の、変位前のそれらに対する変化を、それぞれ  $\Delta H_\theta$  および  $\Delta H_r$  とすると、

$$\Delta H_\theta = H_\theta = A_1 \cdot D_\theta + B_1 \cdot D_r \quad (7)$$

$$\Delta H_r = H_r - H_{r0} = A_2 \cdot D_\theta + B_2 \cdot D_r \quad (8)$$

と表すことができ、 $A_1$ 、 $B_1$ 、 $A_2$  および  $B_2$  は変位が大きくないので定数として近似することができる。

ここで、磁気センサ 8 A、8 B は直線 L 上に磁極 4 N の真正面に対向して設けられているので、磁極 4 N が直線 L に沿って磁力センサ 8 A、8 B に対して接近



もしくは離隔する変位、すなわち  $D_r$  が増減しても磁束密度の周方向成分  $H_\theta$  はほとんど影響をうけることはなく、また、磁極 4 N が同一半径の円周上を周方向に移動する変位、すなわち、 $D_\theta$  が増減しても、磁気センサ 8 A、8 B の位置での磁束密度の半径方向成分  $H_r$  はほとんど影響をうけることはないの、上記式において  $A_2$  および  $B_1$  をゼロと近似することができ、それぞれ式 (9)、式 (10) のように表すことができる。

$$\Delta H_\theta = A_1 \cdot D_\theta \quad (9)$$

$$\Delta H_r = B_2 \cdot D_r \quad (10)$$

式 (9)、式 (10) からわかるように、 $\Delta H_\theta$  は  $D_\theta$  に比例し、 $\Delta H_r$  は  $D_r$  に比例するので、図 2、図 3 から、 $\Delta H_\theta$  および  $\Delta H_r$  のそれぞれの、半径方向の力  $R$  および周方向の力  $T$  に対する依存性を表すグラフは、図 6 および図 7 に示すものとなる。図 6 (a)、図 6 (b) は、磁束密度の周方向成分の変化  $\Delta H_\theta$  の、それぞれ、周方向の力  $T$  をゼロとしたときの半径方向の力  $R$  に対する依存性、および、半径方向の力  $R$  を一定値  $R_0$  にしたときの周方向の力  $T$  に対する依存性を表すグラフであり、図 7 (a)、図 7 (b) は、磁束密度の半径方向成分の変化  $\Delta H_r$  の、それぞれ、周方向の力  $T$  をゼロとしたときの半径方向の力  $R$  に対する依存性、および、半径方向の力  $R$  を一定値  $R_0$  にしたときの周方向の力  $T$  に対する依存性を表すグラフである。

さて、この式 (9)、式 (10) を、式 (3) ~ (5) に代入すると、式 (11) ~ (14) を得ることができ、異なる二つの方位  $\phi_1$ 、 $\phi_2$  に対して得られた磁束密度の周方向成分の変化  $\Delta H_{\theta \phi_1}$  および  $\Delta H_{\theta \phi_2}$  から、タイヤ半径方向の力  $R$  およびタイヤ周方向の力  $T$  を求めることができ、一方、所定の方位  $\phi_3$  に対して得られた磁束密度の半径方向成分の変化  $\Delta H_{r \phi_3}$  からタイヤ半径方向の力  $R$  を求められることがわかる。

$$R = (N1(\phi_2) \cdot \Delta H \theta_{\phi_1} - N1(\phi_1) \cdot \Delta H \theta_{\phi_2}) / NN \quad (11)$$

$$T = (M1(\phi_1) \cdot \Delta H \theta_{\phi_2} - M1(\phi_2) \cdot \Delta H \theta_{\phi_1}) / NN \quad (12)$$

$$R = \Delta H r_{\phi_3} / (B2 \cdot M2(\phi_3)) \quad (13)$$

ただし、

$$NN = A1 \cdot MM \quad (14)$$

以上の通り、磁気センサ 8 A もしくは 8 B でそれぞれ検出した周方向もしくは半径方向の磁束密度の変化からタイヤ 1 に作用するタイヤ半径方向の力 R および／もしくはタイヤ周方向の力 T を求める方法についてその原理を一般化して説明したが、前記特定の方位  $\phi$  として用いた  $\phi_1$ 、 $\phi_2$  および  $\phi_3$  の代わりに、それぞれ、磁気密度の周方向変化の極大値に対応する方位  $\phi_{max}$ 、磁気密度の周方向変化の極小値に対応する方位  $\phi_{min}$ 、および、磁気密度の半径方向変化の極大値に対応する方位  $\phi_{max1}$  を用いることができる。例えば、 $\phi_{max}$  および  $\phi_{min}$  は、作用力 R と T とによって変化し一定の値とはならないものの、これらの力 R と T とが決まれば、これらの方位に対応する磁気密度成分  $\Delta H \theta_{\phi_{max}}$  および  $\Delta H \theta_{\phi_{min}}$  の値は一義的に定まり、したがって、 $\Delta H \theta_{\phi_{max}}$  および  $\Delta H \theta_{\phi_{min}}$  の値から R および T を逆算することができる。そして、この場合、方位  $\phi_{max}$ 、 $\phi_{min}$ 、 $\phi_{max1}$  そのものを計測して特定しなくても、磁束密度の各成分の変化のピーク値としてピークの値をホールドすることにより  $\Delta H \theta_{\phi_{max}}$ 、 $\Delta H \theta_{\phi_{min}}$ 、 $\Delta H r_{\phi_{max1}}$  を特定することができることができ、方位の測定を不要とすることができる。

$\phi_1 \sim \phi_3$  の代わりに、特定値をこのようにして設定したとき、図 2 (a) より明らかなように、タイヤ周方向の力 T がゼロのとき、変位 D の周方向成分  $D \theta$  は、タイヤ周方向接地中心に対して対象な変位分布となるので、式 (15) が成立し、また、タイヤ周方向の力 T が作用したとき、タイヤ周方向の接地中心に関し対象な方位にある  $\phi_{max}$  と  $\phi_{min}$  における変位 D の周方向成分  $D \theta$  は同じ

量だけ同じ方向のタイヤ周方向変位が加わったものとなるので、式(16)が成立する。

$$M1(\phi_{max}) = -M1(\phi_{min}) \quad (15)$$

$$N1(\phi_{max}) = N1(\phi_{min}) \quad (16)$$

そして、式(15)、式(16)を、式(11)、式(12)代入して、式(17)、式(18)を得ることができ、これらの式によると、

$$R = (\Delta H \theta_{\phi_{max}} - \Delta H \theta_{\phi_{min}}) / AA \quad (17)$$

$$T = (\Delta H \theta_{\phi_{max}} + \Delta H \theta_{\phi_{min}}) / AA \quad (18)$$

$$R = \Delta H r_{\phi_{max}} / (B2 \cdot M2(\phi_{max1})) \quad (19)$$

ただし

$$AA = 2 \cdot A1 \cdot M1(\phi_{max}) \cdot N1(\phi_{max}) \quad (20)$$

以上説明した通り、タイヤ1を一回転したとき、リム6に固定された磁気センサ8A、8Bで検出される磁束密度の変化からタイヤに作用するタイヤ半径方向の力Rとタイヤ周方向の力Tとを求める方法の原理について説明したが、これらの磁気センサ8A、8Bで実際に検出された磁束密度の時間変化からABSで用いられる路面摩擦係数を得るシステムについて図8～9に例示する。

図8は、本実施形態の、タイヤに作用する力の測定方法に基づいて力を測定し、ABSに力の測定値をリアルタイムに出力する力測定システム19の構成例を示すシステム構成図である。力測定システム19は、車両5の各車輪のリム6に設けられた送信装置7と車両5の車体側に設けられた受信装置12とを具え、各送信装置7は、一対の磁気センサ8から磁束密度の検出値を所定サンプリングタイムで取り込み、それぞれの磁束密度の変化の極大値、極小値を計算する送信側C

PU9、および、計算された極大値、極小値を送信側CPU9から受け取りこれを受信装置12に送信する送信アンテナ11を有し、また、受信装置12は、送信アンテナ11からの信号を受信する受信アンテナ13と、磁束密度変化の極大値、極小値を基に前述の原理に則ってタイヤに作用する力を計算し計算結果をABS15に出力する受信側CPU14とを有して構成されている。

一対の磁気センサ8で検出されるそれぞれの成分の磁束密度変化から極大値、極小値を求める方法について以下に示す。図9(a)は、車両が走行中に、磁気センサ8Aで検出された磁束密度の周方向成分の時間変化 $\Delta H_{\theta}$ を示し、同様に、図9(b)は磁気センサ8Bで検出される磁束密度の半径方向の変化 $\Delta H_r$ を示す。磁気センサ8が接地面から離れた位置にあるとき $\Delta H_{\theta}$ はゼロであるが、磁気センサ8が接地面もしくはその近傍の領域内を通過する間、図6～図7を参照して分かるように、磁束密度の周方向成分 $\Delta H_{\theta}$ はパターンKとなって現れる。そしてこのパターンKにおいて、 $\Delta H_{\theta}$ はゼロからスタートして、時間 $t$ の経過とともに、極小値 $\Delta H_{\theta_{\phi_{min}}}(1)$ を取ったあと極大値 $\Delta H_{\theta_{\phi_{max}}}(1)$ を取る。パターンKのなかで極大値が二カ所現れる場合もあるが、極小値 $\Delta H_{\theta_{\phi_{min}}}(1)$ のあとに現れる極大値は一カ所でありこれを $\Delta H_{\theta_{\phi_{max}}}(1)$ とする。そして、タイヤ一回転ごとに順次現れる $\Delta H_{\theta_{\phi_{min}}}(2)$ と $\Delta H_{\theta_{\phi_{max}}}(2)$ との対、 $\Delta H_{\theta_{\phi_{min}}}(3)$ と $\Delta H_{\theta_{\phi_{max}}}(3)$ との対から、それぞれのタイヤ一回転の間にタイヤに作用する力を前述の原理に基づいて求めることができる。

なお、 $\Delta H_{\theta_{\phi_{max}}}$ 、 $\Delta H_{\theta_{\phi_{min}}}$ を特定するには、所定のサンプリングタイムで $\Delta H_{\theta}$ の値を取り込み、取り込んだ値を直前に取り込んだ値と比較することにより極大、極小の変曲点としてこれらの値を特定することができる。しかも、本発明のこの実施形態においては、これら極大値、極小値を車速に関係なく特定することができる点が重要である。すなわち、タイヤ一回転に要する時間がT1であっても、T2であってもその周期を計測することなく $\Delta H_{\theta_{\phi_{max}}}$ 、 $\Delta H_{\theta_{\phi_{min}}}$ を特定する事ができるので、車輪回転速度を計測する必要もなくまた、車輪回転

速度を力の計算処理に用いることもなくシステムを簡易にしかも精度よく構成することができる。同様に、図9(b)に示す磁束密度の半径方向成分の極大値 $\Delta H_{r_{\phi_{\max 1}}(1)}$ 、 $\Delta H_{r_{\phi_{\max 1}}(2)}$ 、 $\Delta H_{r_{\phi_{\max 1}}(3)}$ をタイヤ一回転ごとに求めることができる。

ここで、タイヤ半径方向内外に延びる一つの直線上に配置された磁石4と磁気センサ8との対は、タイヤ1に一对としたがこれを、互いに磁力の干渉が起きない範囲において周上に二カ所以上設けてもよく、このことにより測定周期を縮め、より精度の高い力の測定を可能にすることができる。

ここで、タイヤ1に貼り付けるシート状の磁石4は、フェライトや、サマリウムコバルトあるいは鉄ネオジウムボロン等の希土類磁性体の磁性粉をゴムもしくは樹脂に混合分散してできた可撓性を有するものが好ましく、このことにより、磁石4をタイヤの変形に追従して変形させることができ、磁石4の破壊やタイヤ1からの剥離を防止するとともに、走行中の車両による振動や衝撃による破壊も防止することができる。

また、磁気センサ8A、8Bとしては、磁石4から離れた位置にあっても磁界の磁束密度を良好な感度で検出することのできるMIセンサもしくはMRセンサを用いるのがよい。また、磁気センサ8A、8Bのうち、タイヤ周方向の成分を検出する8Aだけでタイヤ半径方向の力Rとタイヤ周方向の力Tとを同時に測定することができるので、タイヤ半径方向力Rの検知のためだけに用いる磁気センサ8bは設けなくてもよいが、磁気センサ8aと併用して磁気センサ8aの測定結果をチェックする用途に供することができる。

次に、第二の実施形態について図10～図14に基づいて説明する。図中、第一の実施形態と同様のものには同じ符号を付して示した。図10は、タイヤ1のタイヤ子午線面における断面図であり、図11は、シート状磁石24A、24Bの配置を示す斜視図である。タイヤ1のトレッド部2のタイヤ半径方向内側の表面には、可撓性を有するシート状の二つの同じ特性を有する磁石24A、24B

が貼り付けられている。これらの磁石 24 A、24 B は、それぞれ両端に互いに逆の極性の磁極を有し、タイヤ幅方向に互いに逆向きに延在し、タイヤ周方向に並んで配列される。すなわち、磁石 24 A の N 極がタイヤ幅方向左側に位置するとするならば、磁石 24 B の N 極はタイヤ幅方向右側に位置する。そして、磁石 24 A、24 B は、相互に協働して検知すべき磁界を形成する磁石 24 を構成するが、磁石 24 は、その中心をタイヤ内周面上の点 P に一致させて貼り付けられることとなる。

一方、リム 6 のリムウェル部 6 A のタイヤ半径方向外側表面に取り付けられた送信装置 7 には、磁気センサ 28 が、タイヤ幅方向の磁束密度  $H_z$  を検出する姿勢で固定されている。そして、磁気センサ 28 は、タイヤへの外力の非作用下で、点 P を通りタイヤ半径方向の内外に延びる直線を L1 上に位置するとともに、タイヤ幅方向の中心に位置する赤道面 E 上に配置される。そして、磁石 24 と磁気センサ 28 とでタイヤ作用力測定装置 20 を構成する。

図 12 は、磁石 24 A、24 B よりなる磁石 24 によって形成される磁界の、磁気センサ 28 と同じタイヤ半径方向高さの周面上での、磁束密度のタイヤ幅方向成分  $F$  を矢印で示す略線展開図である。図において、点 M は磁気センサ 28 の磁気検出位置を表し、磁石 24 が貼り付けられたトレッド部 2 上の点 P の変位  $D$  がゼロ、すなわち、タイヤへの外力がないときには、磁石 24 の中心 P が M と一致することとなる。なお、図中、C はタイヤ周方向、W はタイヤ幅方向を表わす。

図 12 において、磁束密度の幅方向成分  $F$  の大きさを矢印の長さで、 $F$  の向きを、N 極から S 極への向きを表す矢印の向きで示したとき、図示のように、磁石 24 A の半径方向内側では磁束密度の幅方向成分は左向きになるのに対して、磁石 24 B の半径方向内側では右向きとなり、これら磁石 24 A、24 B の周方向中間付近でこの向きは反転する。そして、磁石が貼り付けられたトレッド部 2 上の点の変位がゼロである場合には、磁気センサ 28 の検出位置 M では磁力線の幅方向成分  $H_z$  はゼロとなる。

ここで、前記点Pにタイヤ周方向の変位 $D\theta$ が生じると磁石24によって形成される磁界と磁気センサの位置Mとが相対的に周方向にずれることになり、すなわち図12において、点Mは、周方向Cに沿って、磁束密度の幅方向成分Fに対してこれと直交する向きに相対移動するので、磁気センサ28が検出する、磁束密度の幅方向成分 $H_z$ はゼロではなくなる。そして、通常の起こりうる変位の範囲においては、タイヤ周方向の変位量 $D\theta$ と、磁束密度のタイヤ幅方向成分 $H_z$ の、 $D\theta$ がゼロのときの値に対する変化 $\Delta H_z$ とはほぼ比例し、式(21)が成立する。ここで、 $A_3$ は比例定数であり、また、変位が0のときの $H_z$ はゼロであるので、 $\Delta H_z$ はそのまま $H_z$ を表している。

$$\Delta H_z = A_3 \cdot D\theta \quad (21)$$

第一の実施形態と同様、図2、図3を参照して分かるように、 $\Delta H_z$ の、半径方向の力Rおよび周方向の力Tに対する依存性を表すグラフは、図13に示すものとなる。図13(a)は、磁束密度の周方向成分の変化 $\Delta H_z$ の半径方向の力Rに対する依存性( $T=0$ のとき)を示し、図13(b)は、 $\Delta H_z$ の周方向の力Tに対する依存性( $R=R_0$ のとき)を示すグラフである。

そして、検出された $H_z$ から半径方向の力Rおよび周方向の力Tを求めるには、第一の実施形態についての説明に用いた式(17)、(18)、(20)を導いたときと同様にして導かれる式(22)～(24)に、検出された $\Delta H_z$ の二つの値、すなわち、極大値 $\Delta H_{z\phi_{max}}$ と極小値 $\Delta H_{z\phi_{min}}$ とを代入して求めることができる。

$$R = (\Delta H_{z\phi_{max}} - \Delta H_{z\phi_{min}}) / A_A \quad (22)$$

$$T = (\Delta H_{z\phi_{max}} + \Delta H_{z\phi_{min}}) / A_A \quad (23)$$

ただし

$$AA = 2 \cdot A3 \cdot M1(\phi_{max}) \cdot N1(\phi_{max}) \quad (24)$$

なお、 $M1(\phi_{max})$ 、 $N1(\phi_{max})$ は、極大値 $\Delta H_z \phi_{max}$ を与える方位 $\phi_{max}$ での、式(1)によって求まる値である。

ここで、第二の実施形態のタイヤに作用する力の測定方法に基づいて実際に力を測定し、この力の測定値をABSにリアルタイムに出力する力測定システムの構成、磁気センサ28で検出されるタイヤ幅方向成分の磁束密度変化 $\Delta H_z$ から極大値 $\Delta H_z \phi_{max}$ と極小値 $\Delta H_z \phi_{min}$ とを求める方法については、第一の実施形態と同様であるので詳細の説明を省略する。

検出される磁束密度の時間変化を横軸に時間をとって示すグラフである。一般的に、このような磁気測定においては、実際には、地磁気の影響が測定結果に現れ、この影響が大きい場合にはこれを取り除く方法が必要となる。地磁気の方法はタイヤ1の回転とは関係なく一定方向を向いているが、リム6に固定された磁気センサ8、28はタイヤ1の回転とともに回転するので、第一の実施形態のように、磁気の測定方向をタイヤ幅方向以外の方向とした場合には、地磁気による一次調和関数の波形が現れる。したがって、第一の実施形態の磁気センサ8で測定される波形は磁石4が形成する磁界による図9に示す波形と、地磁気による一次調和関数の波形とを重畳したものとなり、特定すべき、磁石4による磁界の極大値、極小値の他に、地磁気による極大値、極小値が現れてしまうので、地磁気の影響が大きい場合には、極大値、極小値の特定に問題が生じてしまう。

しかしながら、第二の実施形態の測定方法においては、タイヤの幅方向の磁束密度、すなわち、タイヤ回転軸に平行な方向の磁束密度を測定しているので、地面に対する測定方向は、タイヤの回転に伴って磁気センサ28がどの位置にこようとも変化することはない、したがって、地磁気はタイヤの回転にかかわらず一定であり、地磁気による影響がタイヤ一回転内では現れることがない。よって、所期した磁石体24の磁界のタイヤ幅方向成分の極大値、極小値の特定を前述の



方法に従って行うことができる。

なお、この実施形態による方法は、タイヤの回転位置に伴う地磁気の影響の変化をなくすことはできるが、車両の向きや車両の走行する地域によって地磁気が増加することによる影響を排除することはできない。この影響を取り除く必要がある場合には、車両の位置や向きを検知して地磁気を求め磁束密度の測定値からその影響分を差し引いて補正することにより、地磁気に影響されないタイヤに作用する力を求めることができる。

なお、第二の実施形態に用いるシート磁石 24 A、24 B および磁気センサ 28 の形成例については、第一の実施形態と同様であるのでこれらの詳細の説明を省略する。

次いで、第三の実施形態について図 15～17 に基づいて説明する。図中、第一の実施形態と同様のものには同じ符号を付して示した。図 15 は、タイヤ 1 のタイヤ子午線面における断面図であり、図 16 は、図 15 の矢視 A2-A2 に対応する断面図である。このタイヤ 1 のトレッド部 2 には、スチールコードを配列した二層のベルト層よりなるスチールベルト 3 が設けられ、トレッド部 2 のタイヤ半径方向内側の面すなわちタイヤ内周面 2 a のタイヤ幅方向中央の点 P には、一枚の矩形のシート状の磁石 34 がその中心を点 P に一致させて貼り付けられ、一方、リム 6 のリムウェル部 6 A のタイヤ半径方向外側表面の幅方向中央には、磁気センサ 38 が固定される。磁石 34 は、矩形の一辺をタイヤ周方向に延在するとともに、磁気センサ 38 は、タイヤ 1 への外力の非作用下において、点 P を通りタイヤ半径方向内外に延びる直線 L 上にその磁気検出中心が位置するように配置され、シート状磁石 4 と磁気センサ 38 とでタイヤ作用力測定装置 30 を構成する。

前記磁気センサ 38 は、磁石 34 により形成される磁界のタイヤ半径方向成分  $H_r$  を検出するセンサ 38 A、周方向成分  $H_\theta$  を検出するセンサ 38 B よりなる。そして、リム 6 には、図示しない中継線およびコネクタを介して磁気センサ 38

から入力した信号を処理しこれを車体側に設けられた受信装置に送信する送信装置 7 が取り付けられている。

磁石 3 4 は、表裏で極性を異ならせて構成され、例えば、磁石 3 4 のタイヤ半径方向内側の面すなわち非貼着面には N 極 3 4 N、タイヤ半径方向外側の面すなわち貼着面には S 極 3 4 S を配設して構成され、そして、この磁石 3 4 は、均一な厚さに形成されるとともに、N 極、S 極の磁化はそれぞれの面全体にわたって均一に分布される。

図 1 7 (a) は、トレッド部 2 の内周面 2 a に貼り付けられたシート状磁石 3 4 から放射される磁力線の分布を示す模式図であり、それぞれの面の全体にわたって均一に磁化が分布された磁石 3 4 の磁力線の形は、もしスチールベルト 3 がなければ図の破線で示すように、磁石面を対称面とする面对称に形成させる。しかし、実際には、磁石 3 4 が貼り付けられた内周面 2 a のすぐ近くにはスチールベルト 3 が配設されているので、トレッド部 2 の内部を通る磁力線は透磁率の高いスチールコード内を通り、その結果、磁力線は、タイヤの内周面 2 a の磁石 3 4 の周辺領域に S 極が形成されたのと同様な分布をなす。そして、その磁界の強度は、例えば、N 極の面の中心の直上の点において、スチールベルト 3 がなくなるときの対比して同等もしくはそれ以上のものとなる。

一方、第一の実施形態において用いられる磁石 4 も、同様の磁力線分布を形成するが、その磁力線分布の詳細を、図 1 7 (a) に対比する形で、図 1 7 (b) に示す。磁石 4 は、スチールベルト 3 の存在しないトレッド部 2 の内周面 2 a に貼り付けられたときは、図 1 7 (b) 中の破線で示すように、その表裏で対称となる磁力線分布を形成するが、トレッド部 2 がスチールベルト 3 を有するものである場合には、磁力線のほとんどはスチールコードの中を通過しタイヤ 1 の外部に分布される磁力線は減じられてしまう。

磁石 4 を大きくすれば、磁気センサ 8 で検知されるに十分な磁界を形成することができ、不要なアンバランスをタイヤに与え、例えば車の乗心地のような

タイヤ本来の性能を損ねてしまう可能性がある。これに対比して、表裏で極性を異ならせた第三の実施形態の用いられる磁石 34 においては、スチールコードを通過する磁力線は必ずタイヤ 1 の外部にも分布されるので、磁気センサ 38 の検知位置における磁界はスチールコードの存在によって減じることがなく、軽量の磁石で所期の目的を達成することができ、タイヤの乗り心地等の性能に悪影響を及ぼすことがない点で、第一の実施形態の磁石 4 より有利である。

以上のように、スチールコードを有するタイヤに用いられる場合に限れば、第一の実施形態の磁石 4 より有利となる磁石 34 は、以上のように、磁力線の放射態様は第一の実施形態で示したものと同じであり、したがって、第一の実施形態について説明した方法と全く同様にして、タイヤに作用する周方向の力および半径方向に作用する力を測定することができ、その詳細の説明は、前述の通りであり、ここではそれを省略する。

次に、第四の実施形態について、図 18～図 21 に基づいて説明する。図 18 は、タイヤ 1 の子午線面における断面図であり、図 19 は、磁石 44 の配置を示す斜視図である。このタイヤ 1 のトレッド部 2 には、スチールコードを配列した二層のベルト層よりなるスチールベルト 3 が設けられ、タイヤ 1 のトレッド部 2 のタイヤ半径方向内側の表面には、四枚のシート状磁石 44a、44b、44c、44d よりなる磁石 44 が貼り付けられ、磁石 44 に対向するリム 6 のリムウェル部 6A には、磁気センサ 48 が取り付けられ、磁石体 44 と磁気センサ 48 とでタイヤ作用力測定装置 40 を構成する。

方向の磁束密度  $H_z$  を検出する姿勢でリムウェル部 6A のタイヤ赤道面 E 上の位置に取り付けられ、また、リム 6 には、図示しない中継線およびコネクタを介して磁気センサ 8 から入力した信号を処理しこれを車体側に設けられた受信装置に送信する送信装置 7 が取り付けられている。

シート状磁石 44a、44b、44c、44d は、それぞれ、同一の大きさの矩形状をなし、全面にわたってほぼ均一な厚さを有するとともにそれぞれの面に

磁化をほぼ均一に分布させたゴムシートで構成され、また、これらは、タイヤ内周面上の点Pを中心として一边を周方向に向けた四角形Rの頂点に、それぞれの矩形中心が位置するとともに、いずれかの一边がタイヤ周方向に平行に向くよう配置される。そして、磁気センサ48は、点Pを通りタイヤ半径方向内外に延在する直線をL2上に磁気検出中心を位置させて配置される。

そして、四角形Rの相隣接する頂点に位置する磁石のタイヤ半径方向内側の面すなわち非貼着面における磁極の極性は互いに逆になるよう構成され、図19に示す例においては、対角に位置する磁石44aおよび44dのタイヤ半径方向内側の極性はN極、これらとは異なる組の対角に位置する磁石44bおよび44cのタイヤ半径方向内側の極性はS極に磁化される。

図20は、以上のように構成された磁石44からの磁力線の分布を示す模式図であり、図20(a)は、図19の矢視a-aに対応する断面における磁力線、図20(b)は、図19の矢視b-bに対応する断面における磁力線の分布を示す。タイヤ幅方向に並ぶ磁石44aおよび44bの間に放射される磁力線と、同様にタイヤ幅方向に並ぶ磁石44cおよび44dの間に放射される磁力線とは、互いにタイヤ幅方向に反対に向くとともに、タイヤ外部における分布はスチールベルト3の影響を受けることなく分布される。

図21は、磁石44によって形成される磁界の、磁気センサ48と同じタイヤ半径方向高さの赤道E上での磁束密度のタイヤ幅方向成分Fをタイヤ回転中心側から見て示す略線展開図である。図において、点Mは磁気センサ48の磁気検出位置を表し、点Pの変位Dがゼロの時には、図21において、磁石44の中心がMと一致する。なお、矢印Cはタイヤ周方向を、矢印Wはタイヤ幅方向を示す。

図21において、磁束密度の幅方向成分Fの大きさを矢印の長さで、Fの向きを、N極からS極への向きを表す矢印の向きで示したとき、磁石44a、44b間の半径方向内側ではFの矢印は左向きになるのに対して、磁石44c、44d間の半径方向内側では右向きとなり、磁石44の周方向の中間位置で磁力線の

向きは反転することとなる。すなわち、点Pの変位Dがゼロである場合には、磁気センサ48の検出位置Mでは磁束密度の幅方向成分 $H_z$ はゼロとなる。

図21に示す磁力線の態様は、第二の実施形態について説明したものと全く同様であり、したがって、第二の実施形態について説明した方法と同様にして、タイヤに作用する周方向の力および半径方向に作用する力を測定することができるので、その詳細の説明を省略する。ただし、本実施形態が、第二の実施形態と異なる点は、スチールベルト3がタイヤに設けられる場合には、本実施形態のものの方がより強い磁界を形成することができる点であり、このことは、第三の実施形態のものを第一の実施形態のものと対比させたて説明した通りである。

次に、第四の実施形態の変形例として、磁石44の代わりに磁石54を用いたものについて、図22～図25に基づいて説明する。図22は、タイヤ1をタイヤ子午線面において示す断面図であり、図23は、磁石54の配置を示す斜視図である。タイヤ1のトレッド部2のタイヤ半径方向内側の表面には、二枚のシート状磁石54a、54bよりなる磁石54が貼り付けられ、磁石54に対向するリム6のリムウェル部6Aには、磁気センサ58が取り付けられ、磁石体54と磁気センサ58とでタイヤ作用力測定装置50を構成する。

磁気センサ58は、第四の実施形態と同様、タイヤ幅方向の磁束密度 $H_z$ を検出する姿勢でリムウェル部6Aに赤道面E上に位置して取り付けられ、また、リム6には、図示しない中継線およびコネクタを介して磁気センサ8から入力した信号を処理しこれを車体側に設けられた受信装置に送信する送信装置7が取り付けられている。

シート状磁石54a、54bは、それぞれ、同一の大きさの矩形状をなし、全面にわたってほぼ均一な厚さを有するとともにそれぞれの面に磁化をほぼ均一に分布させたゴムシートで構成される。これらの磁石54a、54bは、タイヤ内周面上の点Pに中心を有し周方向に向いて位置する四角形Rの対角する一対の頂点のそれぞれに中心を置き、いずれかの一辺をタイヤ周方向に平行に向けて配置

され、また、磁気センサ58は、タイヤへの外力の非作用下で、点Pを通りタイヤ半径方向に延在する直線L3上に位置する。

そして、これらの磁石54a、54bのタイヤ半径方向内側の面すなわち非貼着面における磁極の極性は同一に構成され、図23に示す例においては、磁石54a、54bのタイヤ半径方向内側の極性はS極に磁化される。

図24は、以上のように構成された磁石体54からの磁力線の分布を示す模式図であり、図24(a)は、図23の矢視a-aに対応する断面における磁力線、図24(b)は、図23の矢視b-bに対応する断面における磁力線の分布を示す。また、図25は、磁石54によって形成される磁界の、磁気センサ58と同じタイヤ半径方向高さの赤道E上での磁束密度のタイヤ幅方向成分Fをタイヤ回転中心側から見て示す略線展開図である。

磁石54a、54bのタイヤ半径方向外側の面すなわち貼着面側の磁極は図23に示すものの場合はN極であるが、これらのN極から磁石54a、54bのタイヤ半径方向外側の面すなわち貼着面側のS極に向かう磁力線はスチーベルト3を通して、磁石54aおよび54bの赤道面Eを挟んだタイヤ幅方向反対側の位置でタイヤ内周面2aを横切りそれぞれのS極に向かうよう分布される。図25に示す磁力線分布を前述の図20に示す磁力線分布と比較すれば明らかなようにこれらはほぼ同じ分布を示し、このことは、二枚の磁石54a、54bよりなる磁石54も、四枚の磁石44a、44b、44c、44dよりなる磁石44と同じ磁界を形成することを意味する。

図25において、Cはタイヤ周方向を、Wはタイヤ幅方向を示すが、点Pの変位Dがゼロの時、磁石54の中心が磁気センサ58の磁気検出位置Mと一致する。図において、磁束密度の幅方向成分Fの大きさを矢印の長さで、Fの向きを、N極からS極への向きを表す矢印の向きで示したとき、図示のように、磁石54aに対応する周方向位置の赤道E上では矢印は左向きになるのに対して、磁石54bに対応する周方向位置の赤道E上では矢印は右向きとなり、磁石54の周方

向の中間位置で矢印の向きは反転することとなる。すなわち、変形例においても、第二の実施形態について説明した方法によりタイヤ周方向の力 $T$ およびタイヤ半径方向の力 $R$ を測定することができることを意味しており、この変形例についての詳細の説明は省略する。

次に第五実施形態について図26～図30に基づいて説明する。図26は、タイヤ1の子午線面における断面図であり、図27は、磁石と磁気センサの配置を示す斜視図である。このタイヤ1のトレッド部2には、スチールコードを配列した二層のベルト層よりなるスチールベルト3が設けられ、タイヤ1のトレッド部2のタイヤ半径方向内側の表面には、六枚のシート状磁石64a、64b、64c、64d、64e、64fが貼り付けられ、リム6のリムウェル部6Aには、二個の磁気センサ68A、68Bがそれぞれ磁束密度のタイヤ幅方向成分を検出する姿勢で取り付けられる。

六枚のシート状磁石64a、64b、64c、64d、64e、64fは、それぞれ同一の大きさの矩形状をなし、全面にわたってほぼ均一な厚さを有するとともにそれぞれの面に磁化をほぼ均一に分布させたゴムシートで構成され、表裏で異なる極性を有するよう着磁される。また、これらの磁石64a、64b、64c、64d、64e、64fは、赤道面Eに対称に三列、周方向に沿って二個ずつ等間隔に配列されるとともに、それぞれの磁石の一辺は周方向と平行に同じ方向に向き、隣接する磁石同士のタイヤ周方向およびタイヤ幅方向の離隔距離はそれぞれ100mm以下となり、また、それぞれの磁極の向きは、タイヤ周方向およびタイヤ幅方向に隣接するいずれの磁石同士でも逆向きとなるよう配列される。例えば、N極を半径方向外側にもつシート状磁石64eに隣接する三枚のシート状磁石64b、64d、64fは、いずれも、64eとは逆に、N極を半径方向内側となるよう配置される。

これら六枚のシート状磁石64a、64b、64c、64d、64e、64fは、第一の矩形 $R_A$ の頂点のそれぞれに配置された四枚のシート状磁石64a、

64b、64e、64dよりなる第一の磁石64Aと、第二の矩形 $R_B$ の頂点のそれぞれに配置された四枚のシート状磁石64b、64c、64f、64eよりなる第二の磁石64Bとの二組の磁石を構成するとみることができ、タイヤ1への外力の非作用下で、矩形 $R_A$ の中心 $P_A$ を通る半径方向の直線上のリム上の点 $Q_A$ に第一の磁気センサ68Aを配置し、矩形 $R_B$ の中心 $P_B$ を通る半径方向の直線上のリム上の点 $Q_B$ に第二の磁気センサ68Bを配置する。そして、六枚のシート状磁石64a、64b、64c、64d、64e、64fより構成される第一、第二の磁石64A、64Bと、第一、第二の磁気センサ68A、68Bとでタイヤ作用力測定装置60を構成する。

第四実施形態におけるタイヤ作用力測定装置40は、タイヤの回転位置による地磁気の変化の影響を排除することができるものの、車両の位置や向きによって変化する地磁気の影響は、地磁気を測定する他の手段を併用しなければ排除することができないのに対して、この第五実施形態に示されるタイヤ作用力測定装置60は、車両の位置や向きによって地磁気が変化してもその影響を受けることなく、地磁気の影響を別途補正することが全くない点で有利であり、以下に、その作用について説明する。

図28は、以上のように構成された磁石64A、64Bからの磁力線の分布を示す模式図であり、図28(a)は、図27の矢視a-aに対応する断面における磁力線、図28(b)は、矢視b-bに対応する断面における磁力線の分布を示す。タイヤ幅方向に並ぶ磁石64a、64b、64cの間に放射される磁力線と磁石64d、64e、64fの間の磁力線とはいずれも同じ形状をなすが、これら異なる断面同士の磁力線の向きは正反対に向いて形成される。

図29は、磁石64A、64Bによって形成される磁界の、磁気センサ68A、68Bと同じタイヤ半径方向高さの赤道E上での磁束密度のタイヤ幅方向成分Fをタイヤ回転中心側から見て示す略線展開図である。図において、点 $Q_A$ は磁気センサ68Aの磁気検出位置を表し、点 $Q_B$ は磁気センサ68Bの磁気検出位置



を表わし、また、矢印Cはタイヤ周方向を、矢印Wはタイヤ幅方向を示す。

図29において、磁束密度の幅方向成分Fの大きさを矢印の長さで示し、N極からS極への矢印が左向きの時をプラスの向きとして、磁石64Aが点Q<sub>A</sub>の近傍に形成する磁界の磁束密度の幅方向成分Fは、周方向Cの向きに減少し、点Q<sub>A</sub>でプラスからマイナスに転じ、一方、磁石64Bが点Q<sub>B</sub>の近傍に形成する磁界の磁束密度の幅方向成分Fは、周方向Cの向きに増加し、点Q<sub>B</sub>でマイナスからプラスに転じる。言い換えれば、磁石64Aと64Bとは、互いに近接して設けられ、タイヤ1への外力の非作用下で、磁束密度幅方向成分Fのタイヤ周方向Cに沿った変化が反転関係をなすよう配置されていることになる。

図29を参照してわかるように、点Q<sub>A</sub>、点Q<sub>B</sub>の近傍の磁束密度幅方向成分の周方向の変化は、第二の実施形態に対応する図12に示すもの、もしくはこれを反転したものとなり、このことより、第二の実施形態について説明した通り、式(22)～(24)に基づいて作用力RおよびTを求めることができる。しかしながら、既に説明したように、第二の実施形態の方法では車両の向きや位置による地磁気の変化を無視したものであり、実際には地磁気による幅方向成分F<sub>G</sub>と磁石64A、64Bによる成分Fとを合成したものが磁気センサ68A、68Bによって検出されるので、この合成された幅方向成分をもとに、式(22)～(24)に基づいて求めた力RおよびTは、変化するF<sub>G</sub>の影響を受けて精度の低いものになってしまう。

第五実施形態に示す方法は、検出された磁束密度変化から磁石による磁束密度変化Fだけを取り出し、それに式(22)～(24)を適用することにより地磁気の影響を完全に排除しようとするものであり、Fを抽出する方法を以下に説明する。図30は、タイヤ1をCの方向に回転させたときの、幅方向の磁束密度の変化ΔHzを横軸に方位φをとって示すグラフであり、図30(a)は、磁気センサ68Aが検知したΔHzを、図30(b)は、磁気センサ68Bが検知したΔHzを示し、図30(c)は、図30(b)のグラフを反転させたものである。

これらの図において、実際に検出される磁束密度変化曲線PTaは、磁石64Aだけによる磁束密度変化曲線PTa0と地磁気 $F_G$ とを合計したものであり、同様にPTbは、磁石64Bだけによる磁束密度変化曲線PTb0と地磁気 $F_G$ とを合計したものである。ここで、磁石64A、64Bが形成する磁界の周方向変化は反転関係にあるので、PTa0とPTb0とは $\Delta H_z = 0$ の軸に関し互いに反転しあう曲線となるが、 $F_G$ はいずれの場合も同じ向きに作用する。そこで、図30(b)の曲線PTbを反転して、図30(c)に示すように曲線PTcを求め、次いで、図30(d)に示すように曲線PTaとPTcとを加算して曲線PTdを求めれば、地磁気による成分を差し引きゼロにして、元の磁石64Aおよび64Bだけによる成分を抽出することができる。

以上の説明により、式(22)、式(23)の式の $\Delta H_z_{\phi_{\max}}$ および $\Delta H_z_{\phi_{\min}}$ を式(25)および(26)にしたがって置き換えることにより、地磁気の影響を全く考慮することなく作用力R、Tを求めることができる。

$$\Delta H_z_{\phi_{\max}} = (\Delta H_z_{\phi_{\max-a}} + \Delta H_z_{\phi_{\max-c}}) / 2 \quad (25)$$

$$\Delta H_z_{\phi_{\min}} = (\Delta H_z_{\phi_{\min-a}} + \Delta H_z_{\phi_{\min-c}}) / 2 \quad (26)$$

ただし、 $\Delta H_z_{\phi_{\max-a}}$ および $\Delta H_z_{\phi_{\min-a}}$ は、第一の磁気センサ68Aが検出する幅方向磁束密度の極大値および極小値であり、 $\Delta H_z_{\phi_{\max-c}}$ および $\Delta H_z_{\phi_{\min-c}}$ は第二の磁気センサ68Bが検出する幅方向磁束密度変化曲線を反転した曲線の極大値および極小値である。

以上を示した実施形態においては、磁石をタイヤ内周面に、磁気センサをリムに取り付けたが、本発明は、タイヤトレッド部とリムとの相対変位を測定できればよく、いずれの実施形態のものに関しても、磁気センサをタイヤ内周面に、磁石をリムに取り付けても同様の効果を得ることができる。第一の実施形態の変形例として、磁石をリムに、磁気センサをトレッド内周面に取り付けたものを、図

31、図32に示す。

図31は、タイヤ1をタイヤ子午線面で示す断面図であり、図32は、図31の矢視A3-A3に対応する断面図である。このタイヤ1のトレッド部2のタイヤ半径方向内側のタイヤ幅方向中央の表面には、磁気センサ108が貼り付けられ、リム6のリムウェル部6Aのタイヤ半径方向外側表面の幅方向中央には、中心に一方の極性例えばN極の磁極を有し両端に他方の極性の磁極例えばS極をそれぞれ有する磁石104を、タイヤ1への外力の非作用下において、磁気センサ108を通りタイヤ半径方向内外に延びる直線L4上に中心が位置し両端がタイヤ周方向に対向するよう配設する。前記磁気センサ108は、磁石104から放射される磁界のタイヤ半径方向成分 $H_r$ を検出するセンサ108A、周方向成分 $H_\theta$ を検出するセンサ108Bよりなる。そして、リム6には、中継線21およびコネクタ22を介して磁気センサ108から入力した信号を処理しこれを車体側に設けられた受信装置に送信する送信装置7が取り付けられる。

また、リムに固定して、磁気センサまたは磁石を取り付けるに際し、これを、リムから離隔して配置すると、タイヤに貼り付けられて相手方となる磁石または磁気センサとの距離が短くなるため、同じ感度の磁気センサに対して弱い磁力すなわち軽量の磁石でもこれを検知させることができるので、タイヤのアンバランスへの影響を低減できる点で有利となる。この例として、第一の実施形態に対応して、リムに固定される磁気センサをリムの半径方向外側に位置させたタイヤ作用力測定装置110を、図33～36に基づいて説明する。図33はタイヤ1をその回転軸を通る平面における断面で示す断面図、図34は磁気センサ78の取り付け態様を示す部分断面図、図35は磁気センサ118の他の取り付け態様を示す部分断面図、そして、図36は、図33の矢視A4-A4に対応する断面図である。

この実施形態のタイヤ作用力測定装置110は、タイヤ1のトレッド部2のタイヤ半径方向内側の表面に貼り付けられた可撓性を有するシート状の磁石114

と、磁石 114 からの磁界を測定する磁気センサ 118 とを具え、磁石 114 は面対称性を有し、一方の磁極、例えば図においては N 極を面対称中心に、他方の極性の磁極、例えば図においては S 極を両端に設けていて、タイヤ 1 への外力の非作用下で対称面 PL がタイヤ子午線面と一致し面対称中心に設けられた N 極からの磁力線の磁極表面での放射方向がタイヤ半径方向中心に向くよう配置される。

一方、磁気センサ 118 は、リム 6 のリムウェル部 6A からタイヤ半径方向外側に離隔して設けられ、対称面 PL 上に位置し、N 極から放射される磁界のタイヤ半径方向成分  $H_r$  を検出するセンサ 118A および周方向成分  $H_\theta$  を検出するセンサ 118B よりなっている。

この磁気センサ 118 の取り付け態様は次の通りである。磁気センサ 118 は、磁気センサ 118 で検出された信号を処理して車体側に設けられた受信装置に送信する送信装置 7 にマウントされ、送信装置 7 はブロック 124 に取り付けられていて、ブロック 124 は、リムウェル部 6A のタイヤ半径方向外側の面に取り付けられた円筒状のガイド 121 の内周面に沿ってタイヤ半径方向内外に変位可能に設けられるとともにキー 129 によって、タイヤ半径周りの回転を規制されている。ここで、ブロック 124 とガイド 121 とは、磁気センサ 118 をリム 6 に固定するステー 120 を構成する。

一方、リムウェル部 6A にはナット 123 が取り付けられ、このナット 123 に螺合して、その操作部 125a を回動操作することにより半径方向に往復変位する調整ボルト 125 が取り付けられ、調整ボルト 125 の先端には円板状ヘッド 125b が設けられ、このヘッド 125b は、円板状にくりぬかれた形の、ブロック 124 の空洞部 124a に回転自在に係合されていて、ナット 123 と調整ボルト 125 とは、磁気センサ 118 のリム 6 からの離隔距離を調整する調整手段を構成する。

このように取り付けられた、磁気センサ 118 は、調整ボルト 125 を回動操作することによりその先端の円板ヘッド 125b に係合するブロック 124 を半

径方向内外に変位させて磁気センサ 118 のリム 6 からの離隔距離を調整することができ、しかも、ブロック 124 は、その半径周りの回転を規制されているのでセンサ 118 の取り付け姿勢を変えることなくセンサ 118 の前記離隔距離を調整することができる。このことにより、タイヤ 1 をリム 6 に装着した状態でも操作部 125 a を操作して磁気センサ 118 の離隔距離だけを変化させ磁気センサ 118 の感度の微調整を容易に行うことができる。

また、このステー 120 には、タイヤ内圧のシールのための O リング 127、128 が設けられるとともに、微調整を完了したあと、調整ボルト 125 を固定して振動衝撃に対する位置ずれを防止する固定ナット 126 を設けられる。

図 34 に示す磁気センサの取り付け態様の代わりに、図 35 に示す取り付け態様で磁気センサ 118 を取り付けることもできる。磁気センサ 118 をマウントする送信装置 7 は、ブロック 134 に取り付けられ、ブロック 134 は、リムウェル部 6A の半径方向内側の面に取り付けられた円筒状のガイド 131 の内周面に沿ってタイヤ半径方向内外に往復変位可能に設けられるとともにキー 139 によって、タイヤ半径周りの回転を規制されている。ここで、ブロック 134 とガイド 131 とは、磁気センサ 118 をリム 6 に固定するステー 130 を構成する。

ガイド 131 にはリング 131 a が取り付けられていて、このリング 131 a に係合するツバ 135 b、135 c を有し、これらのツバ 135 b、135 c により軸方向の変位を拘束された調整ボルト 135 が、ブロック 134 に設けられためねじ穴 134 a に螺合して設けられている。そして、この調整ボルト 135 は磁気センサ 8 のリム 6 からの離隔距離を調整する調整手段を構成し、その操作部 95 a を回動操作することにより、ブロック 134 を回転させることなく半径方向に往復変位させることができる。

この取り付け態様においても、タイヤ 1 をリム 6 に装着した状態でも磁気センサ 78 の感度の微調整を容易に行えることは前述のとおりである。また、このステー 120 には、タイヤ内圧のシールのための O リング 137、138 が設け

られておいることも前述の通りである。図6に示す取り付け態様のものは、リム6の半径方向に突出する部分を最小にすることができ、磁気センサ118をリム6に近接させて位置させた状態でタイヤ1をリム6に装着し、その後、磁気センサ118をリム6から離隔させて磁石114に近づけ磁石114からの磁界を検出する感度を上げることができ、このことにより、タイヤ1のリム6への取り付けを容易にすることができる。

以上に示したいずれの取り付け態様においても、磁気センサ118は、リム6からタイヤ半径方向外側に離隔した位置で、ステー120、130を介してリム6に固定されるので、磁気センサ118をタイヤ内表面に貼付けられた磁石114に近接して配置することにより、弱い磁力の磁石であっても磁気センサ8で磁界変化を検知させることが可能となり磁石を軽量にして磁石114のタイヤバランス等への影響を最小に抑制することができる。

なお、以上の説明において、周上の一カ所においてリム外周面から半径方向外側に突起するステー120の代わりに、リム外周面から半径方向外側に全周にわたって突起する環状ブラケットを用いることもできる。

以上、それぞれの実施形態について説明したが、ここで、前記に開示した発明の作用効果を以下にまとめる。なお、以下において、(1)～(19)の番号は、発明の開示の説明において用いた番号に対応する。

(1)に係るタイヤに作用する力の測定方法によれば、タイヤの接地面に作用する周方向および半径方向の力を、タイヤの接地部分に発生する変位の変化パターンから求めるので、この力を正確に求めることができ、その結果、精度の高い摩擦係数の値をリアルタイムに得ることができる。

(2)に係るタイヤに作用する力の測定方法によれば、前記タイヤ部分の変位を磁氣的に測定するので、ノイズ等の影響をうけることが少なく、安定した測定が可能である。

(3)に係るタイヤに作用する力の測定方法によれば、磁束密度のタイヤ周方向成分の変化パターンの極大値と極小値との平均からタイヤ周方向に作用する力を求め、極大値と極小値の差からタイヤ半径方向に作用する力を求めるので、タイヤの回転速度に関係なく極大値と極小値を特定することができ、よって、タイヤの回転速度を測定する必要がなく簡易で精度の高い測定システムを構成することができる。

(4)に係るタイヤに作用する力の測定方法によれば、これも同様に、前記磁束密度のタイヤ半径方向成分の変化パターンの極大値もしくは極小値からタイヤ半径方向に作用する力を求めるので、タイヤの回転速度を測定する必要がなく簡易で精度の高い力測定システムを構成することができる。

(5)に係るタイヤに作用する力の測定方法によれば、これも同様に、前記磁束密度のタイヤ幅方向成分の変化パターンの極大値と極小値との平均からタイヤ周方向に作用する力を求め、極大値と極小値の差からタイヤ半径方向に作用する力を求めるので、タイヤの回転速度を測定する必要がなく簡易で精度の高い力測定システムを構成することができ、さらに、磁気センサがタイヤの幅方向の磁束密度を測定するので、タイヤの回転に伴って地磁気の幅方向成分が変化することではなく磁石によって形成される磁束密度の極大値と極小値の特定に影響をあたえることがなく、好ましい。

(6)に係るタイヤに作用する力の測定方法によれば、これも同様に、前記磁束密度のタイヤ幅方向成分の変化パターンの極大値と極小値との平均からタイヤ周方向に作用する力を求め、極大値と極小値の差からタイヤ半径方向に作用する力を求めるので、タイヤの回転速度を測定する必要がなく簡易で精度の高い力測定システムを構成することができ、さらに、タイヤの回転に伴って地磁気の影響が変化することを排除できることに加えて、車両の向きや、走行地域に依存し絵変化する地磁気の影響をも排除することができ、軽量にして精度の高い、作用力の測定方法を提供することができる。

(7)に係るタイヤ作用力測定装置によれば、トレッド部の内周面に設けた磁石と、リム外周面に取り付けられた磁気センサとを具えるので、前述したそれぞれの力の測定方法を実現することができ、力の測定と、その結果から求められる摩擦係数を精度の高いものとすることができる。

(8)に係るタイヤ作用力測定装置によれば、これも同様に、リム外周面に取り付けられた磁石と、トレッド部の内周面に設けた磁気センサとを具えるので、前述したそれぞれの力の測定方法を実現することができ、力の測定と、その結果から求められる摩擦係数を精度の高いものとすることができる。そして、磁石をリムの表面に取り付けるので、これをタイヤに取り付ける場合に比較してその重量に対する制限を緩和することができ、強い磁界を形成することが容易で、より安定した磁界の測定が可能となる。

(9)に係るタイヤ作用力測定装置によれば、その磁石の構造と配置といにより、(3)もしくは(4)に係る力の測定方法を実現することができる。

(10)に係るタイヤ作用力測定装置によれば、その磁石の構造と配置といにより、(5)に係る力の測定方法を実現することができる。

(11)に係るタイヤ作用力測定装置によれば、磁石を表裏で逆転する関係にある極性の磁化を分布して構成するので、前述の通り、スチールコードとの協働効果により強い磁界を形成することができる。

(12)に係るタイヤ作用力測定装置によれば、磁石を構成するシート状磁石の表裏それぞれの面内で、同一の極性の磁化を均一に分布させているので、表裏それぞれに異なる極性に着磁された大きな磁気シートから切り出したものを裏表適宜組み合わせながら配置することにより、複雑な磁界でもこれを形成することのできる磁石を簡易に構成することができる。

(13)に係るタイヤ作用力測定装置によれば、その磁石配置により、表裏で異なるシート状磁石を用いて、(3)もしくは(4)に係る力の測定方法を実現することができる。



(14)に係るタイヤ作用力測定装置によれば、その磁石配置により、表裏で異なるシート状磁石を用いて、(5)に係る力の測定方法を実現することができる。

(15)に係るタイヤ作用力測定装置によれば、その磁石配置により、表裏で異なるシート状磁石を用いて、同様に、(5)に係る力の測定方法を実現することができ、しかも、より少ない枚数のシート状磁石でそれを実現することができる。

(16)に係るタイヤ作用力測定装置によれば、その磁石配置と、磁気センサの配置とにより、(6)に係る力の測定方法を実現することができ、その結果、タイヤ回転に伴う地磁気の影響のみならず、車両の向きや走行地域によって変化する地磁気の影響を排除することのできるタイヤに作用する力を簡易に精度よく求めることができる。

(17)に係るタイヤ作用力測定装置によれば、リムに固定される磁石もしくは磁気センサをリムのタイヤ半径方向外側に配置するので、磁石と磁気センサとの間隔を小さくすることができ、磁石の大きさが同じであっても、磁気センサで検知する磁気を強いものとして、測定精度を向上させることができる。

(18)に係るタイヤ作用力測定装置によれば、磁気センサもしくは磁石をリムに固定するステーもしくは環状ブラケットをそれぞれ具えるので、磁気センサもしくは磁石をリムに確実に固定することができる。また、多数の磁気センサを設ける場合には、環状ブラケットを用いることにより、より容易に磁気センサを取り付けることができる。

(19)に係るタイヤ作用力測定装置によれば、磁気センサのリムからの離隔距離を調整する調整手段を設け、調整手段を作動させる操作部をリムのタイヤ半径方向内側に設けているので、リムにタイヤを装着したあとでも、磁気センサの磁石との離隔距離を調整することができるので、磁気センサの感度の微調整や、タイヤのリムへの装着を容易ならしめることができる。

### 実施例

本発明の有効性を確認するため、第二の実施形態のタイヤ作用力測定装置 20 を用いて実験を行った。車両の片方の前輪のリムに磁気センサ 28 を取り付けるとともに、この車輪のタイヤのトレッド部の半径方向内側に磁石 24 A、24 B を貼り付けて、車両を一定速度で走行させたあと制動をかけて、車両の前後輪間の荷重バランスおよび前後力に過渡的变化を加え、その時の、式 (17)、式 (18) にそれぞれ示される、 $(\Delta H z_{\phi_{max}} - \Delta H z_{\phi_{min}})$  および  $(\Delta H z_{\phi_{max}} + \Delta H z_{\phi_{min}})$  を、第二の実施形態の方法に基づいて測定した。このときタイヤを装着するホイールを、ホイールタイプの六分力計、すなわち、ホイールそのものが六分力計の機能を有するものとし、このホイールタイプの六分力計でタイヤの半径方向に作用する力 R、タイヤの周方向に作用する力 T を求めてこれらの相関性を調査した。

図 37 は、車両の制動直前から停止までの間を所定間隔ごとに測定したこれらの測定値および計算値をプロットしたものであり、図 37 (a) は、横軸にこの六分力計で測定された半径方向に作用する力 R を、縦軸に式 (27) で示される  $H z-dif$  をとった相関図であり、図 37 (b) は、横軸に六分力計で測定された周方向に作用する力 T を、縦軸に式 (28) で示される  $H z-ave$  をとった相関図である。

$$H z-dif = (\Delta H z_{\phi_{max}} - \Delta H z_{\phi_{min}}) \quad (27)$$

$$H z-ave = (\Delta H z_{\phi_{max}} + \Delta H z_{\phi_{min}}) / 2 \quad (28)$$

$H z-dif$  とタイヤ半径方向に作用する力 R との相関係数は 0.986、 $H z-ave$  とタイヤ周方向に作用する力 T との相関係数は 0.951 であった。このように、これらはともに高い相関を示し、本発明の力の測定方法が極めて有効であることを確認することができた。

### 産業上の利用可能性

以上に述べたところから明らかなように、本発明に係るタイヤに作用する力の測定方法およびタイヤ作用力測定装置は、路面摩擦係数の高精度な測定に必要な、タイヤに作用するタイヤ半径方向の力およびタイヤ周方向の力を簡易でかつ高精度に測定することができる。

## 請 求 の 範 囲

1. リムに装着されて走行するタイヤの、接地面に作用する周方向および半径方向の力の少なくとも一方を測定する力の測定方法であって、

リム外周面上の点をQとし、外力の非作用下で点Qを通り半径方向に延びる直線とタイヤのトレッド部内周面との交点をPとしたとき、点Pがタイヤ接地部分を通過する際、点Qに対する点Pの周方向もしくは半径方向の相対変位が点Qの回転位置に応じて変化する変化パターンから前記力を求めるタイヤに作用する力の測定方法。

2. 点P及び点Qのいずれか一方に配置された磁石が形成する磁界を、点P及び点Qのいずれか他方に配置された磁気センサで連続的に測定し、前記点Pと点Qとの相対変位の変化パターンを、この相対変位に応じて変化する磁束密度の変化パターンから逆算して求める請求の範囲第1項に記載のタイヤに作用する力の測定方法。

3. タイヤへの外力の非作用下で、前記磁界の磁力線分布が点Pもしくは点Qを含むタイヤ子午線面に関し面対称となるように設けられた磁石を用いて前記磁束密度の測定を行い、

前記磁束密度のタイヤ周方向成分の変化パターンの極大値と極小値との平均からタイヤ周方向に作用する力を求め、この変化パターンの極大値と極小値の差からタイヤ半径方向に作用する力を求める請求の範囲第2項に記載のタイヤに作用する力の測定方法。

4. タイヤへの外力の非作用下で、前記磁界の磁力線分布が点Pもしくは点Qを含むタイヤ子午線面に関し面対称となるように設けられた磁石を用いて前記磁束密度の測定を行い、

前記磁束密度のタイヤ半径方向成分の変化パターンの極大値もしくは極小値からタイヤ半径方向に作用する力を求める請求の範囲第2項に記載のタイヤ

に作用する力の測定方法。

5. タイヤへの外力の非作用下で、前記磁界の磁束密度の幅方向成分が、タイヤ周方向に沿って変化するように設けられた磁石を用いて前記磁束密度の測定を行い、

前記磁束密度のタイヤ幅方向成分の変化パターンの極大値と極小値との平均からタイヤ周方向に作用する力を求め、この変化パターンの極大値と極小値の差からタイヤ半径方向に作用する力を求める請求の範囲第2項に記載のタイヤに作用する力の測定方法。

6. タイヤへの外力の非作用下で、形成する磁束密度幅方向成分のタイヤ周方向に沿った変化が互いに反転関係となる、互いに近接して設けられた一对の磁石のそれぞれについて前記磁束密度の測定を並行して行い、

一方の磁石について測定したタイヤ幅方向成分の磁束密度の変化パターンを反転した反転パターンと、他方の磁石について測定されたタイヤ幅方向成分の磁束密度の変化パターンとの、極大値同士の平均値を平均極大値とし、極小値同士の平均値を平均極小値として、平均極大値と平均極小値との平均からタイヤ周方向に作用する力を求め、平均極大値と平均極小値の差からタイヤ半径方向に作用する力を求める請求の範囲第2項に記載のタイヤに作用する力の測定方法。

7. 請求の範囲第2項～6項のいずれかに記載のタイヤに作用する力の測定方法に用いるタイヤ作用力測定装置において、

磁石をトレッド部の内周面に設けるとともに、磁気センサをリム外周面に、直接的にもしくは取付治具を介して間接的に取り付けとなるタイヤ作用力測定装置。

8. 請求の範囲第2項～6項のいずれかに記載のタイヤに作用する力の測定方法に用いるタイヤ作用力測定装置において、

磁石をリム外周面に、直接的にもしくは取付治具を介して間接的に取り付け、

磁気センサを、トレッド部の内周面に設けてなるタイヤ作用力測定装置。

9. 前記磁石を、長さ方向両端のそれぞれに同じ極性の磁極を有し長さ方向中央に両端の磁極と逆の極性の磁極を有する、長さ方向に対称なシート状磁石で構成し、この磁石を長さ方向がタイヤ周方向に延在するように配置してなる請求の範囲第7項もしくは8項に記載のタイヤ作用力測定装置。
10. 前記磁石を、両端に互いに逆極性の磁極を有する二枚の磁石で構成し、これら二枚の磁石を、タイヤ幅方向に互いに逆向きに延在させるとともにタイヤ周方向に並んで配列させてなる請求の範囲第7項もしくは8項に記載のタイヤ作用力測定装置。
11. 前記磁石を、表裏両面での磁化の分布が互いに反転関係にある少なくとも一枚のシート状磁石で構成してなる請求の範囲第7項に記載のタイヤ作用力測定装置。
12. 前記シート状磁石を、表裏それぞれの面内で同一の極性の磁化を全面にわたってほぼ均一に分布させた均一な厚さの矩形状ゴムシートで構成してなる請求の範囲第11項に記載のタイヤ作用力測定装置。
13. 一枚の矩形状シート状磁石を、その磁石中心を前記点Pに位置させて配置し、磁石の一辺を周方向に向けてなる請求の範囲第12項に記載のタイヤ作用力測定装置。
14. 四枚の同じ大きさの矩形状シート状磁石を、前記点Pに中心を有し一辺がタイヤ周方向に平行な四角形のそれぞれの頂点に磁石中心を位置させて配置し、それぞれの磁石の一辺をタイヤ周方向に向け、これらの磁石同士のタイヤ周方向およびタイヤ幅方向の離隔距離をそれぞれ100mm以下とし、点Pに中心をもつ前記四角形の相隣接する頂点に位置するシート状磁石同士の磁極の向きを互いに逆向きにしてなる請求の範囲第12項に記載のタイヤ作用力測定装置。
15. 二枚の同じ大きさの矩形状シート状磁石を、点Pに中心を有し一辺がタイ

ヤ周方向に平行な四角形の対角をなす一对の頂点に磁石中心を位置させて配置し、それぞれの磁石の一辺をタイヤ周方向に向け、これらの磁石同士のタイヤ周方向およびタイヤ幅方向の離隔距離をそれぞれ100mm以下とし、これらシート状磁石同士の磁極の向きを同じ向きにしてなる請求の範囲第12項に記載のタイヤ作用力測定装置。

16. 六枚の同じ大きさの矩形状シート状磁石をタイヤ周方向に沿って左右三列に同じ向きに二枚ずつ等間隔に配置し、それぞれの磁石の一辺をタイヤ周方向に向け、これらの磁石同士のタイヤ周方向およびタイヤ幅方向の離隔距離をそれぞれ100mm以下とし、六枚の磁石は、磁極の向きが、タイヤ周方向およびタイヤ幅方向に隣接するいずれの磁石同士でも逆向きとなるように配置されてなり、

タイヤへの外力の非作用下で、相隣接する四枚のシート状磁石により形成される二個の矩形の中心を通過して半径内外に延びる線上にそれぞれの矩形に対応する磁気センサを配置してなる請求の範囲第12項に記載のタイヤ作用力測定装置。

17. 磁石もしくは磁気センサを、リム外周面に取付治具を介して間接的に取り付けるとともに、リム外周面からタイヤ半径方向外側に離隔した位置に設けられる請求の範囲第7項～16項のいずれかに記載のタイヤ作用力測定装置。
18. 前記取付治具を、ステーもしくは、リム周上を一周する環状体とする請求の範囲第17項に記載のタイヤ作用力測定装置。
19. 磁石もしくは磁気センサのリム外周面からの離隔距離を調整する調整手段を設け、調整手段を作動させる操作部をリムのタイヤ半径方向内側に配置してなる請求の範囲第17項もしくは18項に記載のタイヤ作用力測定装置。

FIG. 1

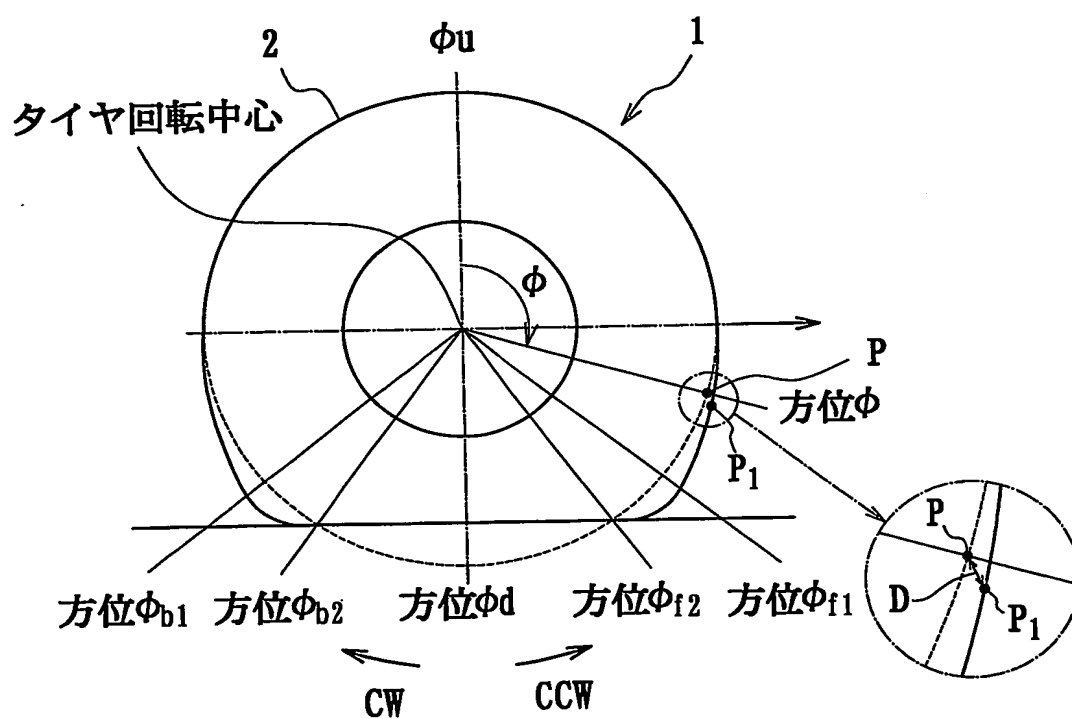




FIG. 2a

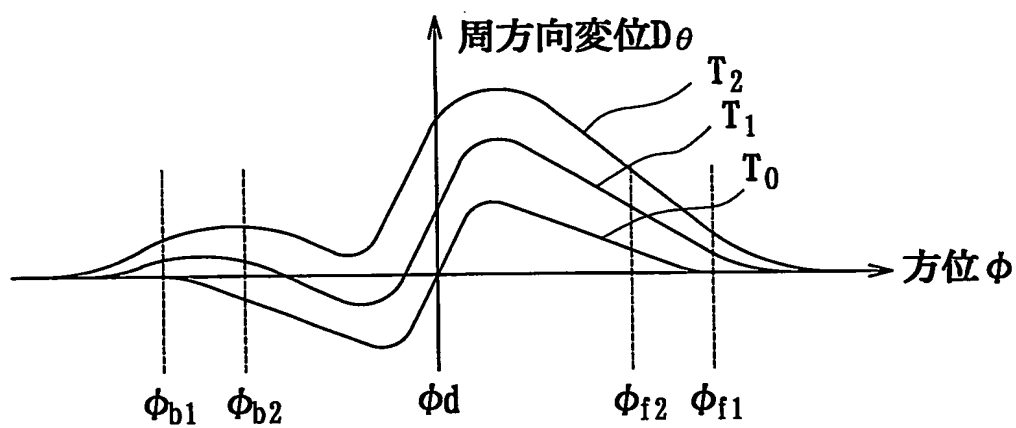


FIG. 2b

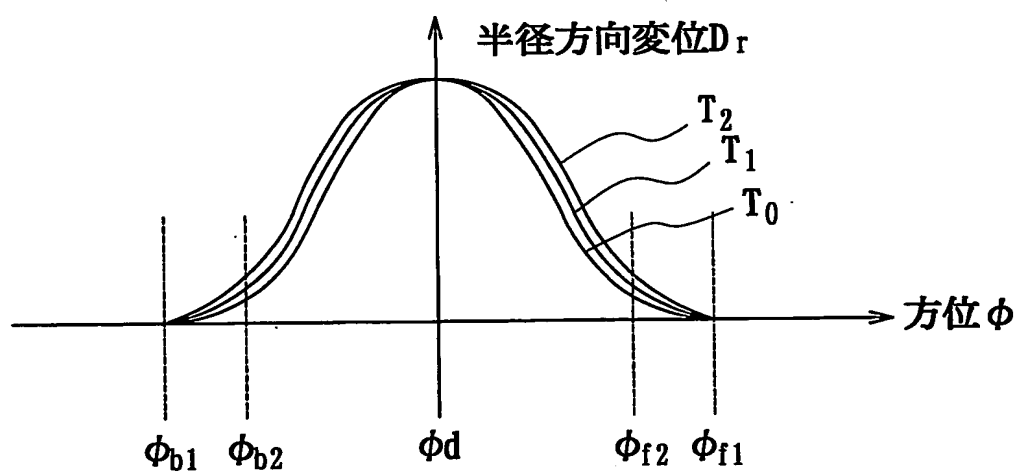


FIG. 3a

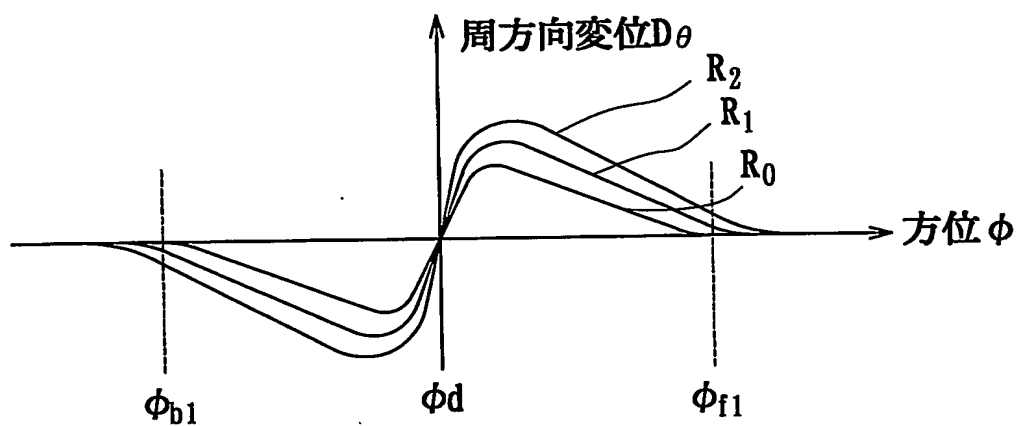


FIG. 3b

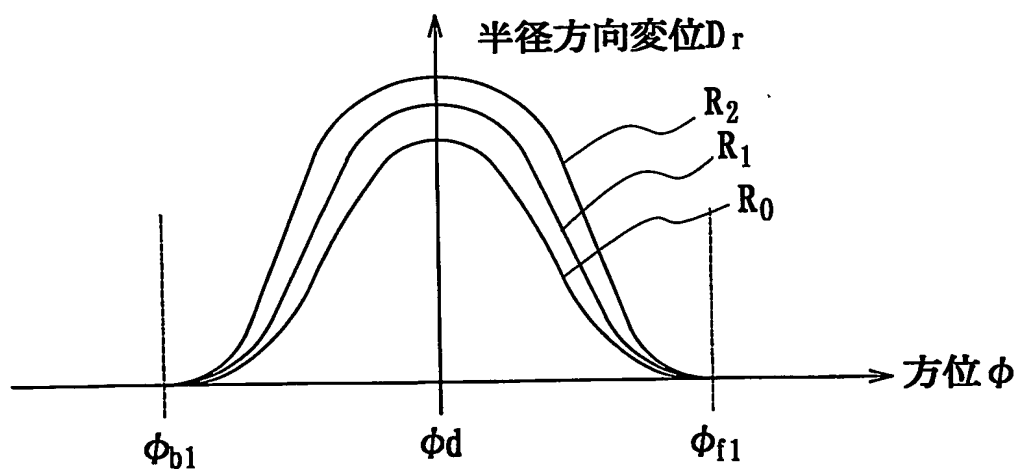


FIG. 4

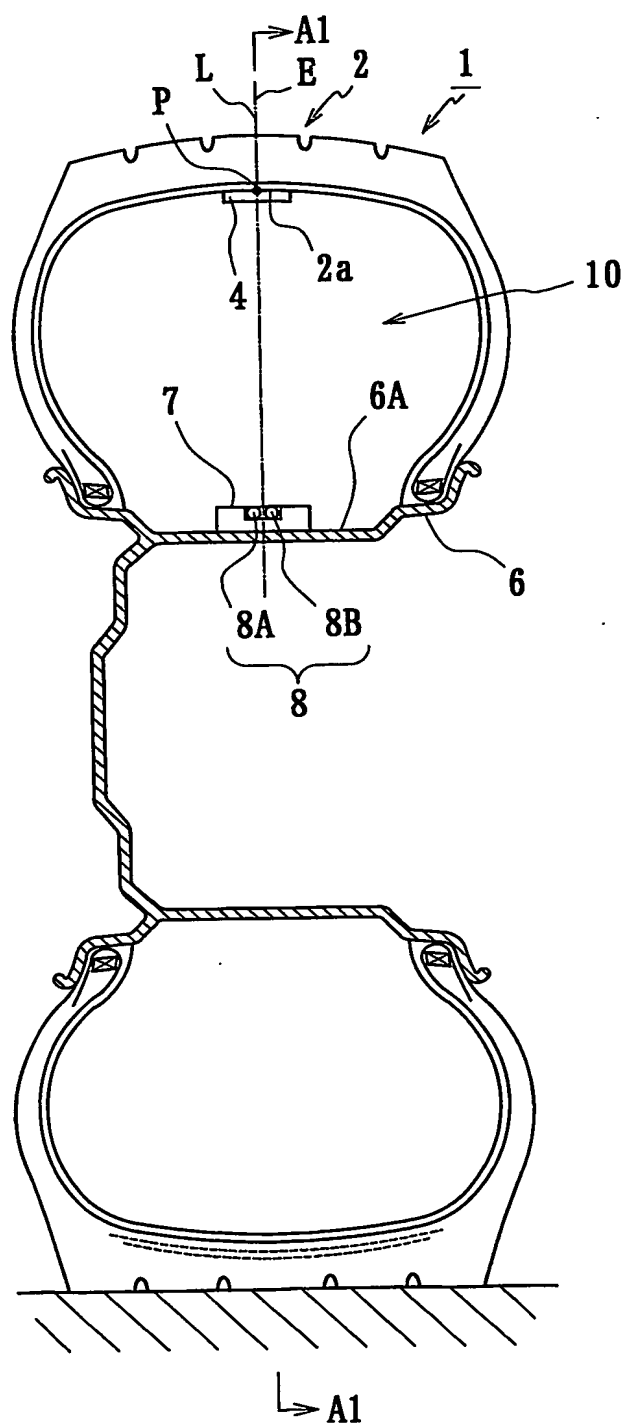


FIG. 5

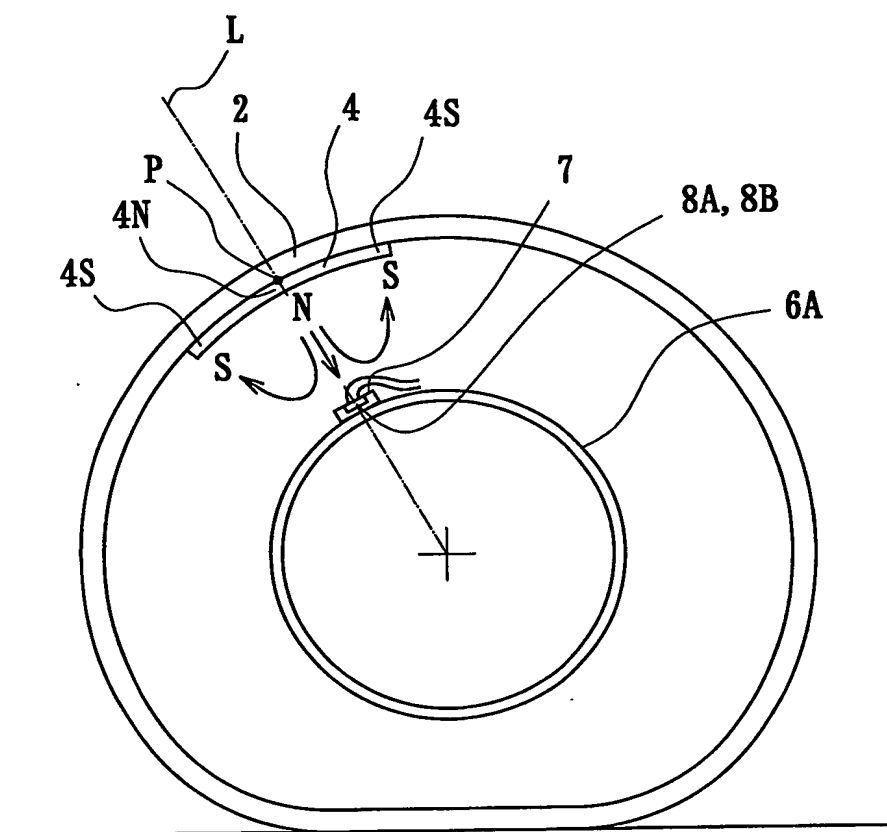


FIG. 6a

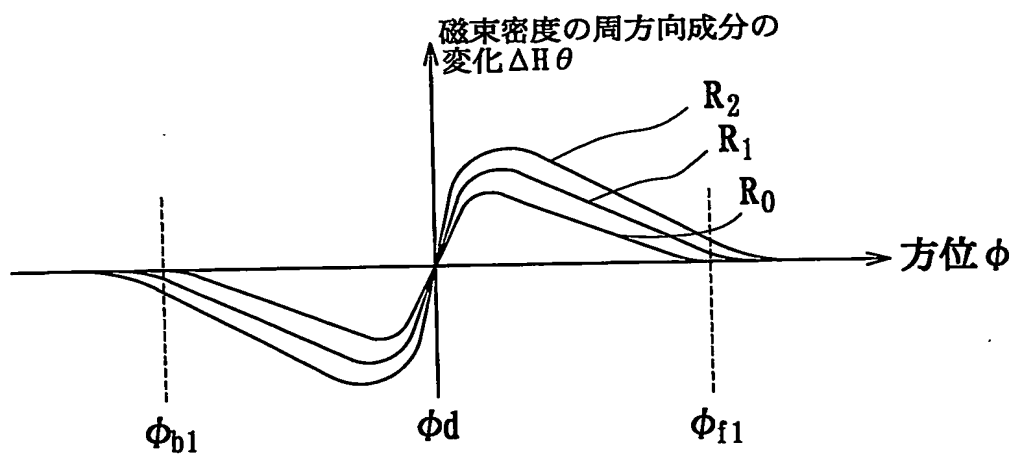


FIG. 6b

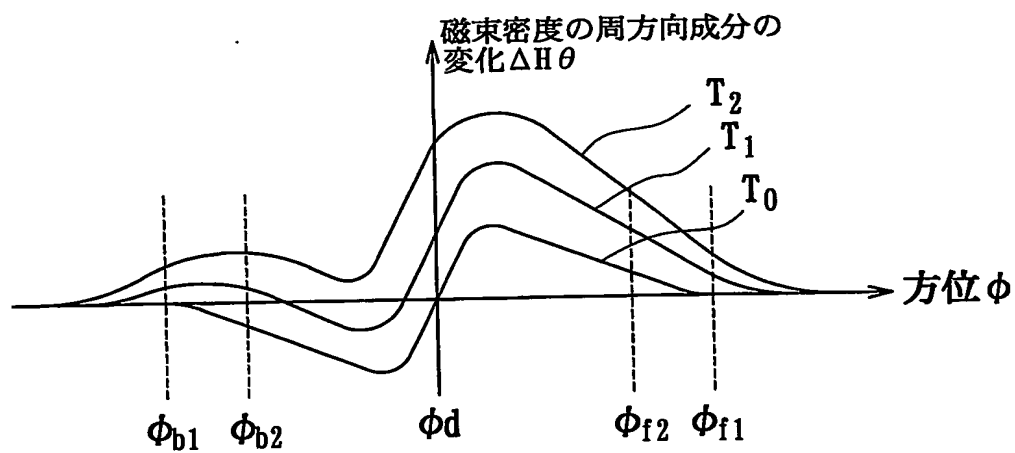


FIG. 7a

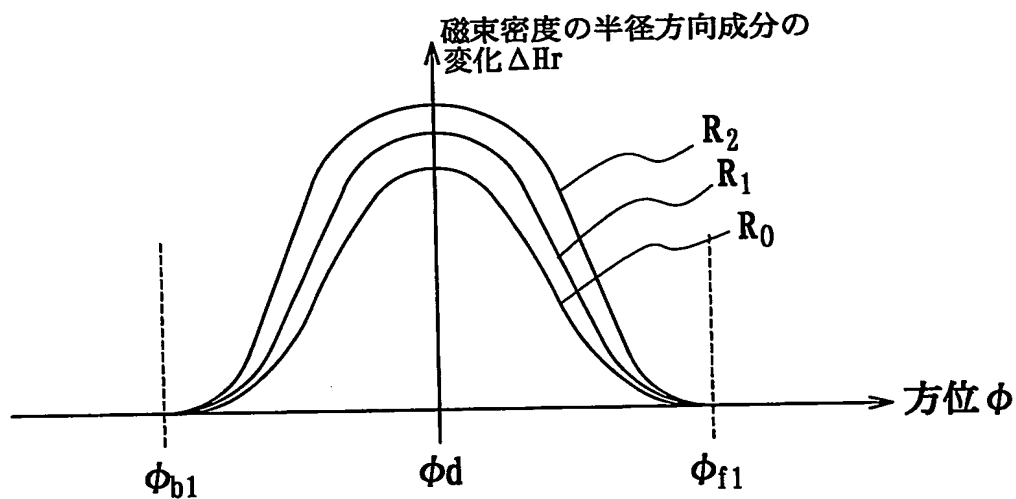


FIG. 7b

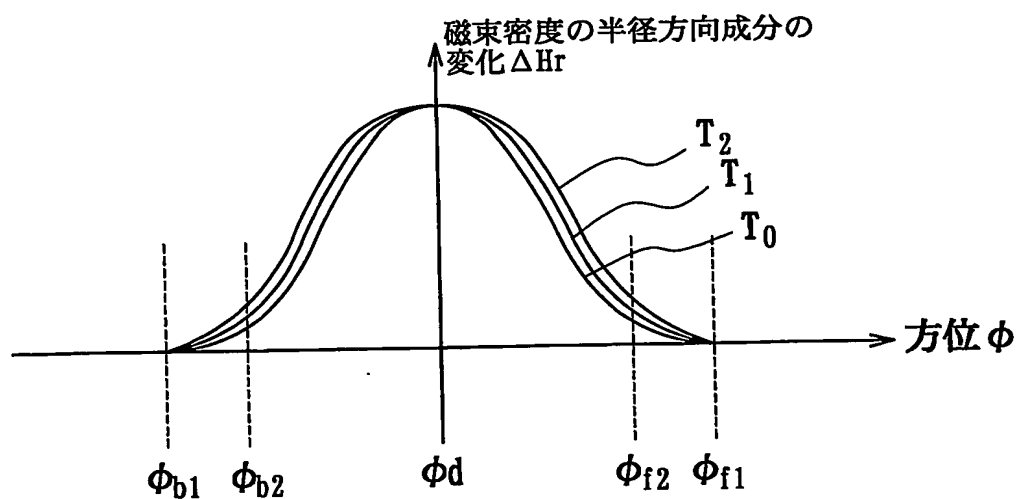


FIG. 8

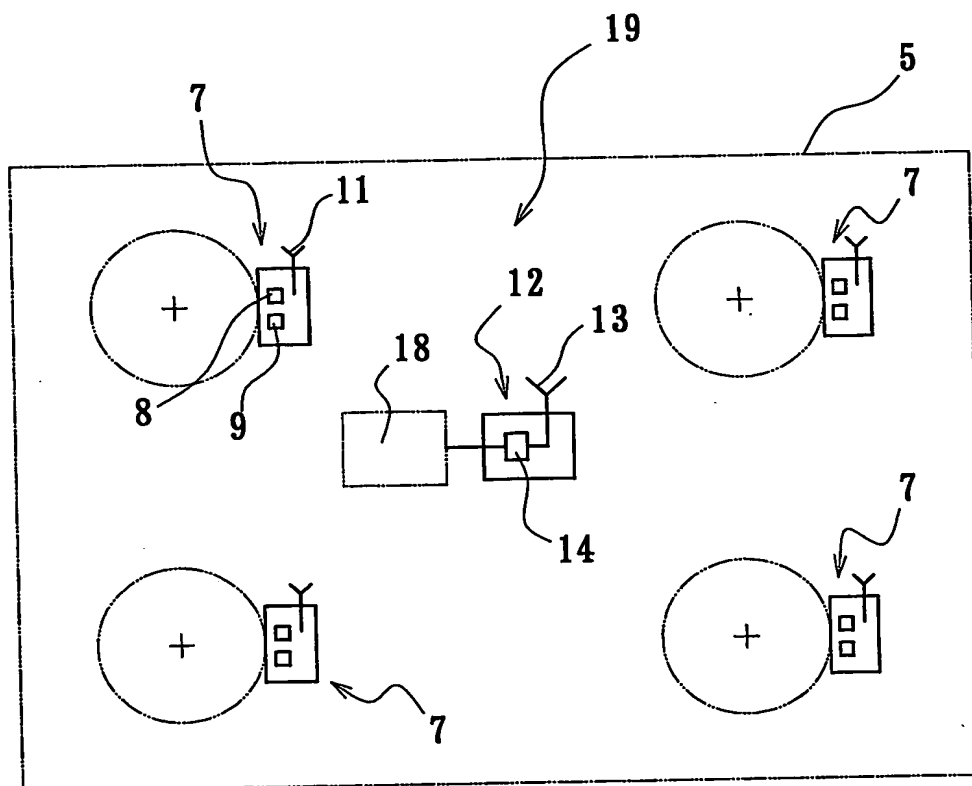


FIG. 9a

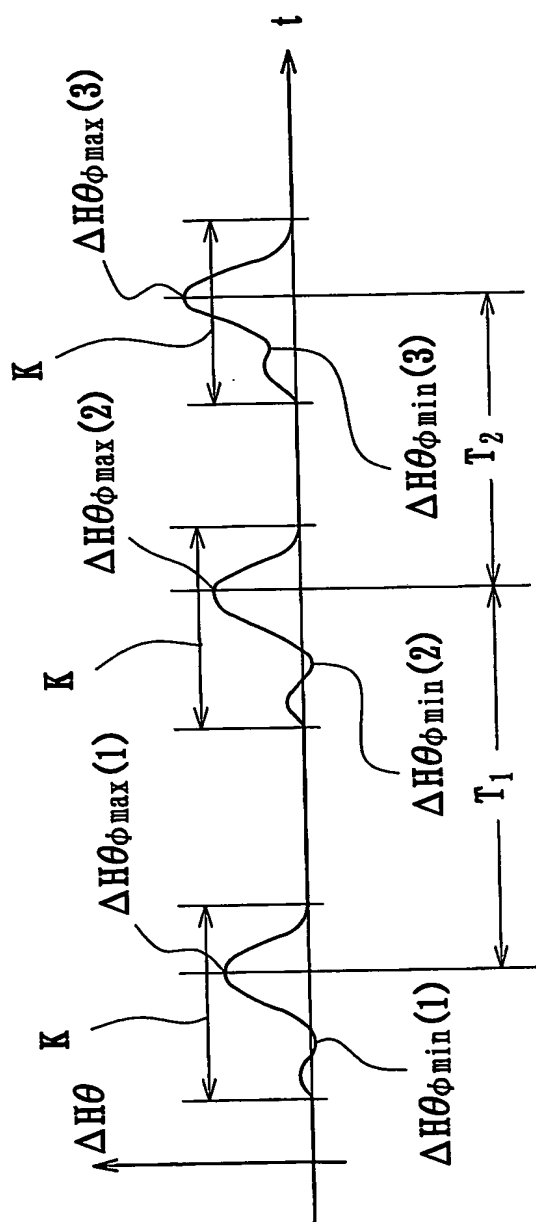


FIG. 9b

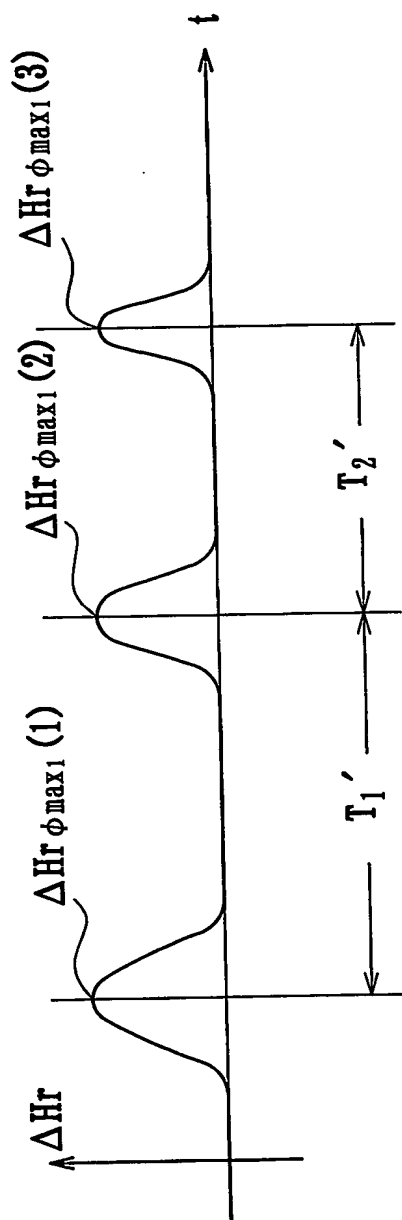
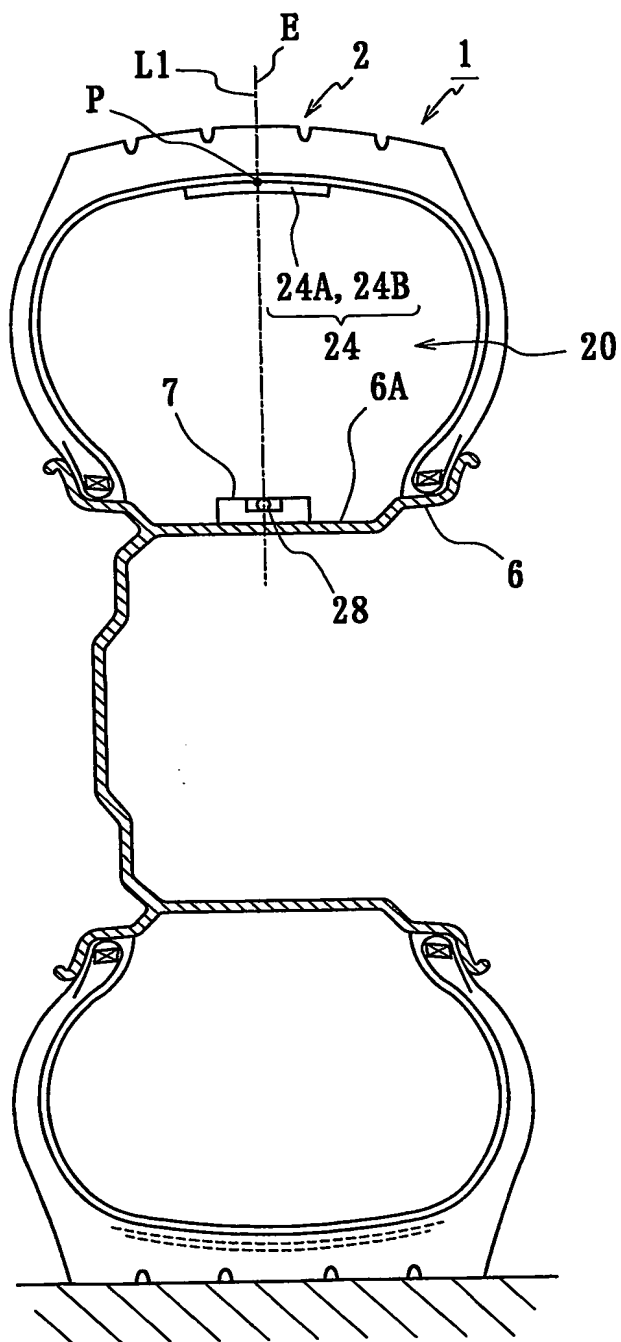




FIG. 10



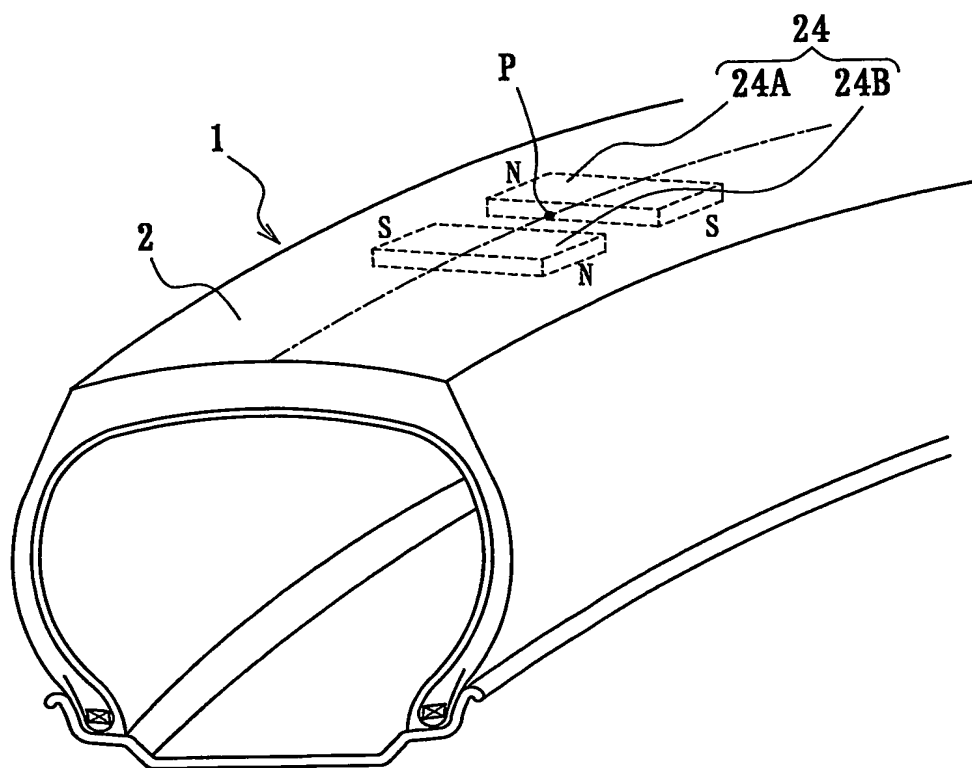
*FIG. 11*

FIG. 12

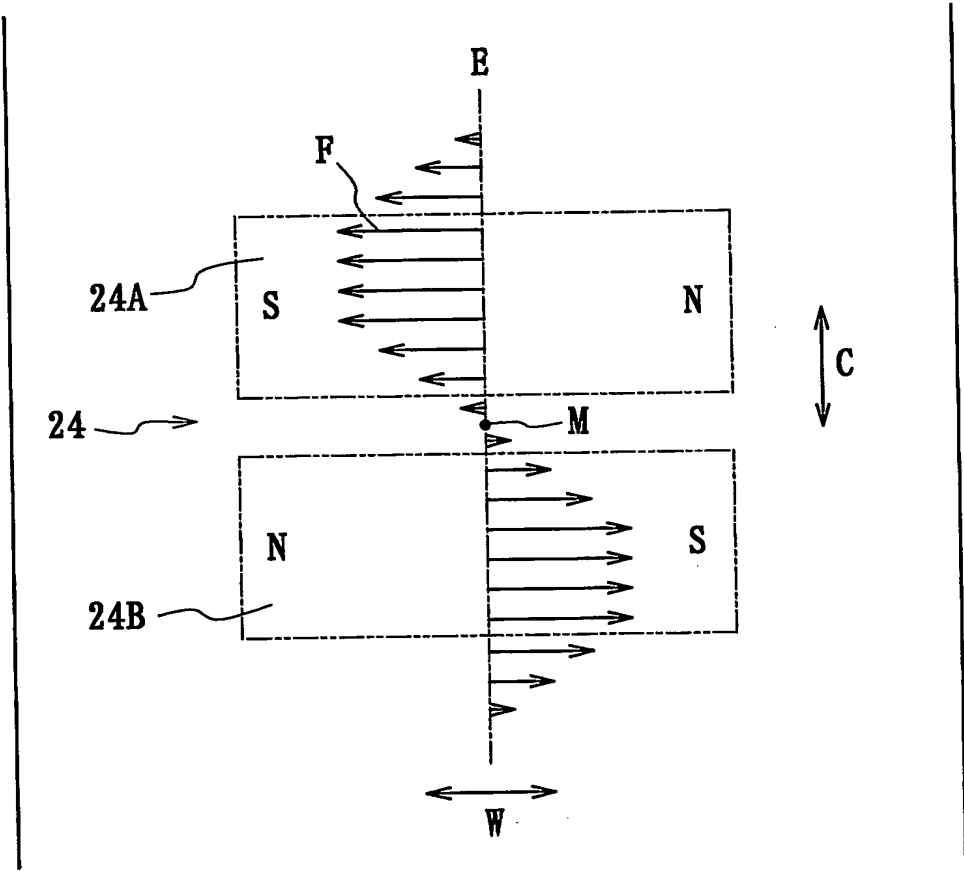


FIG. 13a

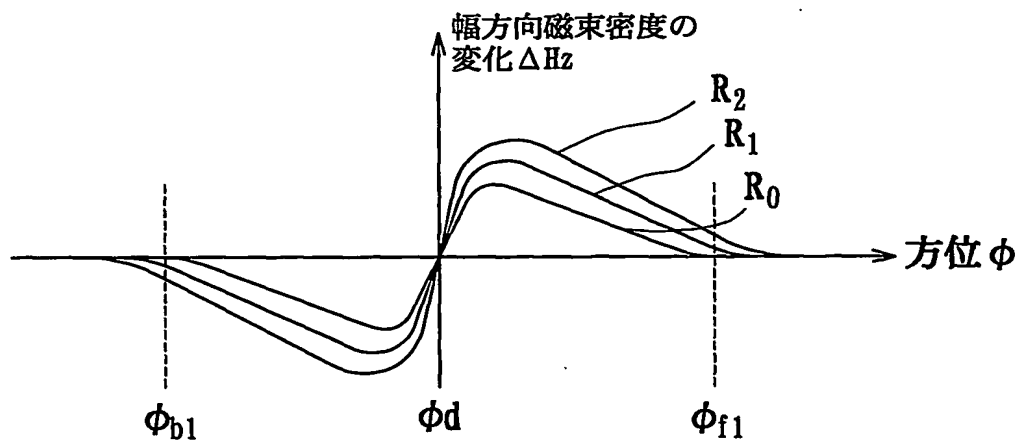


FIG. 13b

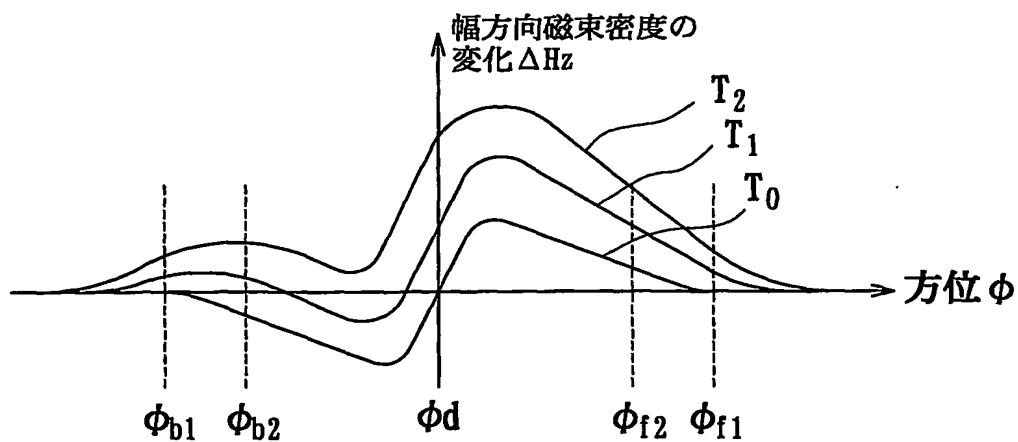


FIG. 14

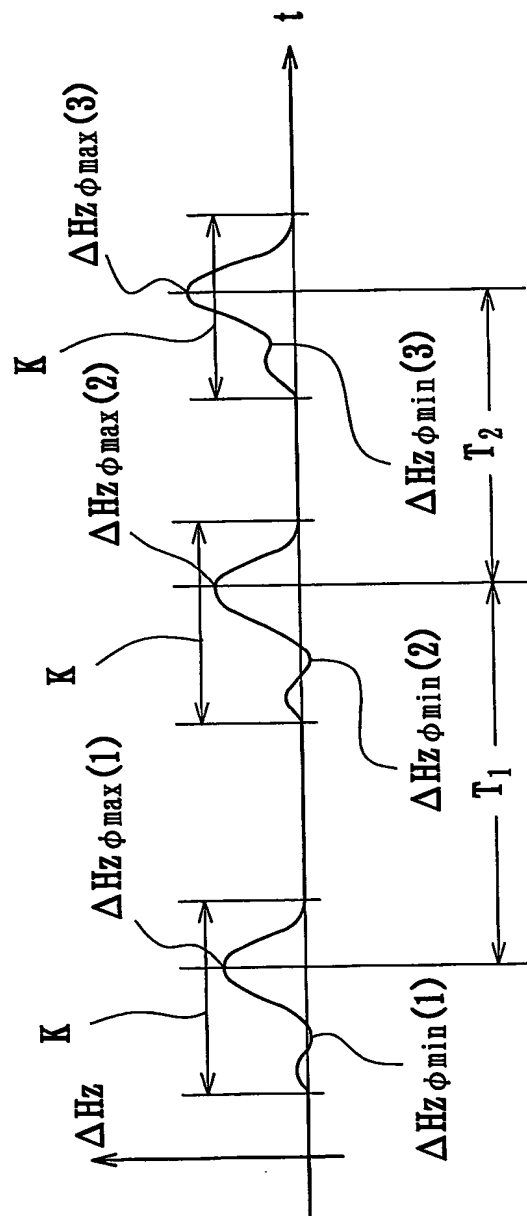


FIG. 15

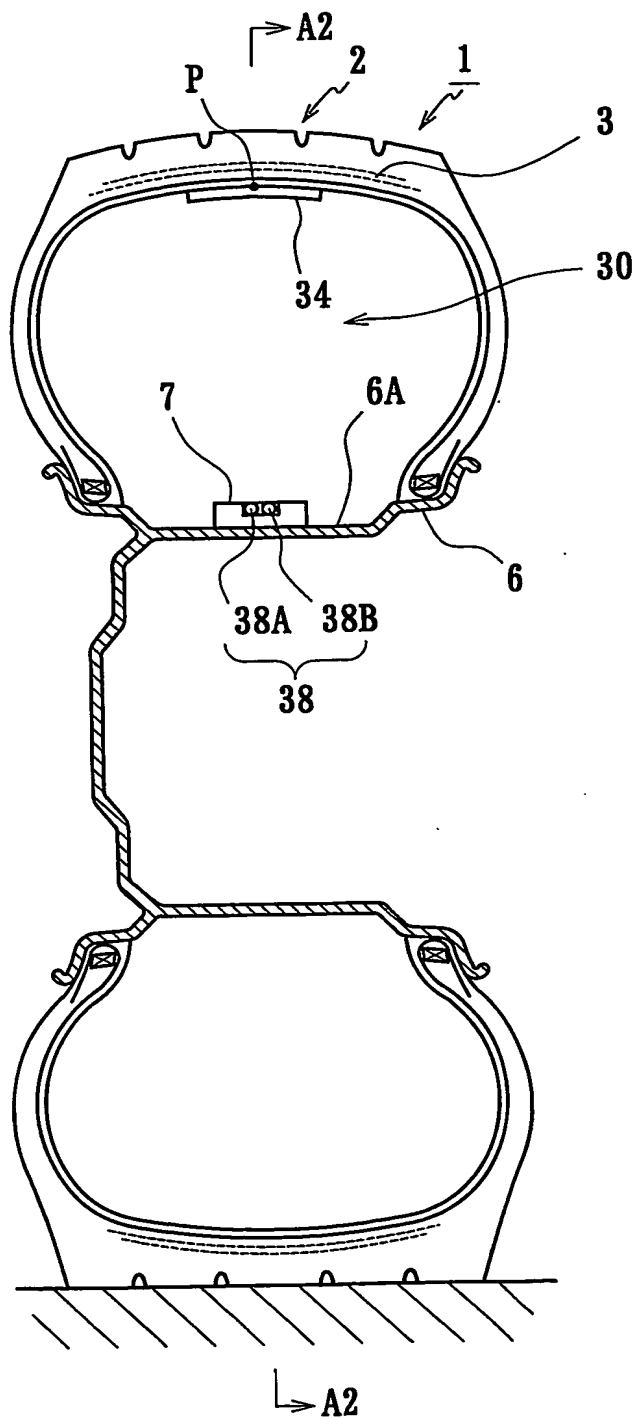


FIG. 16

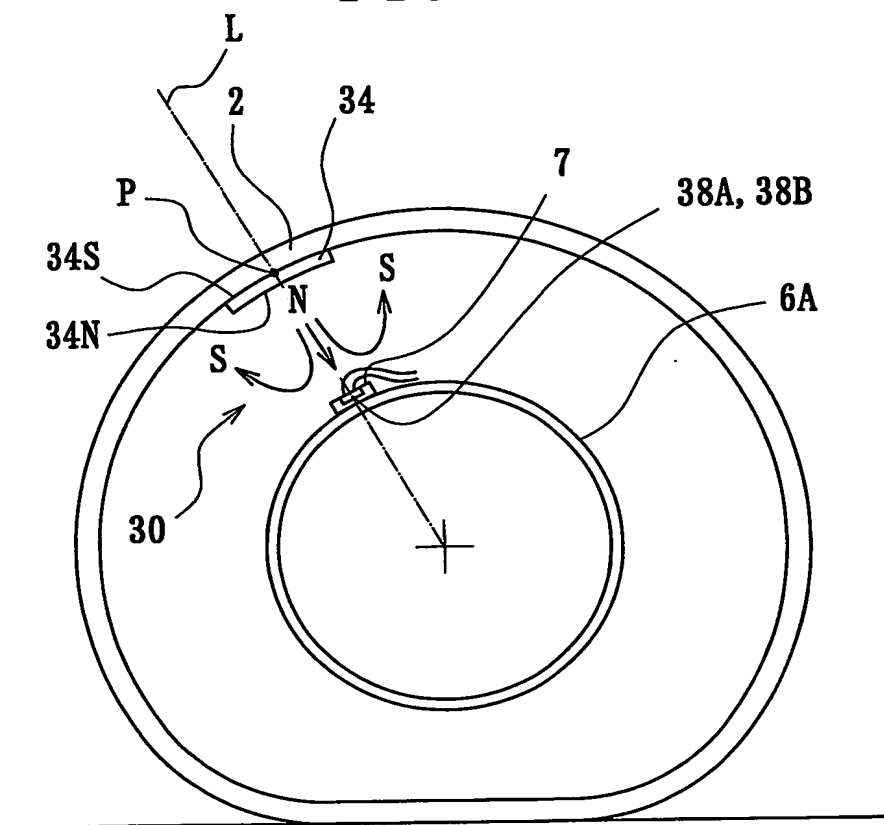


FIG. 17a

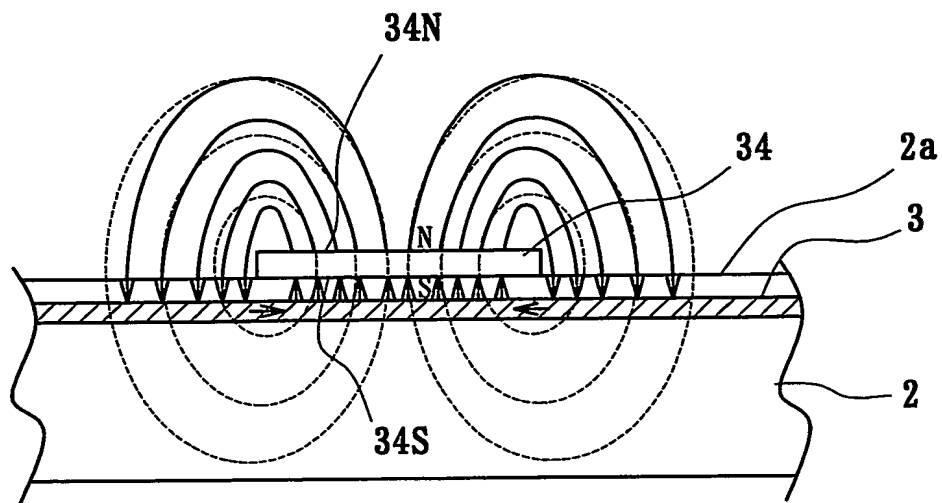


FIG. 17b

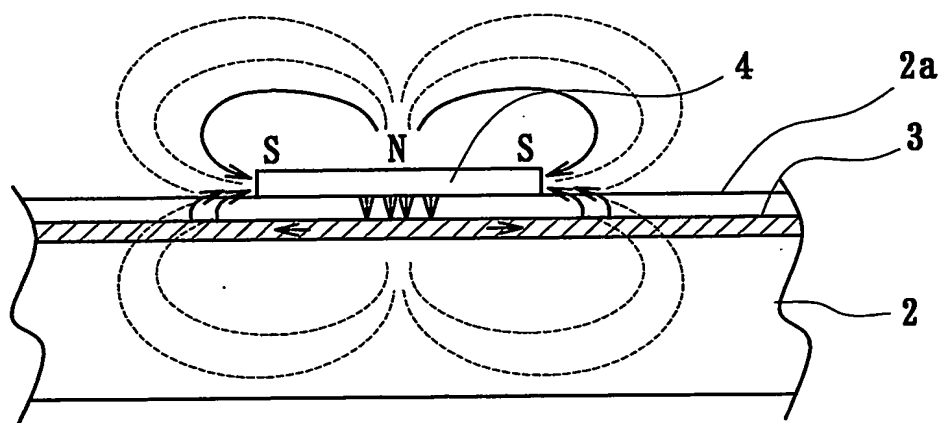




FIG. 18

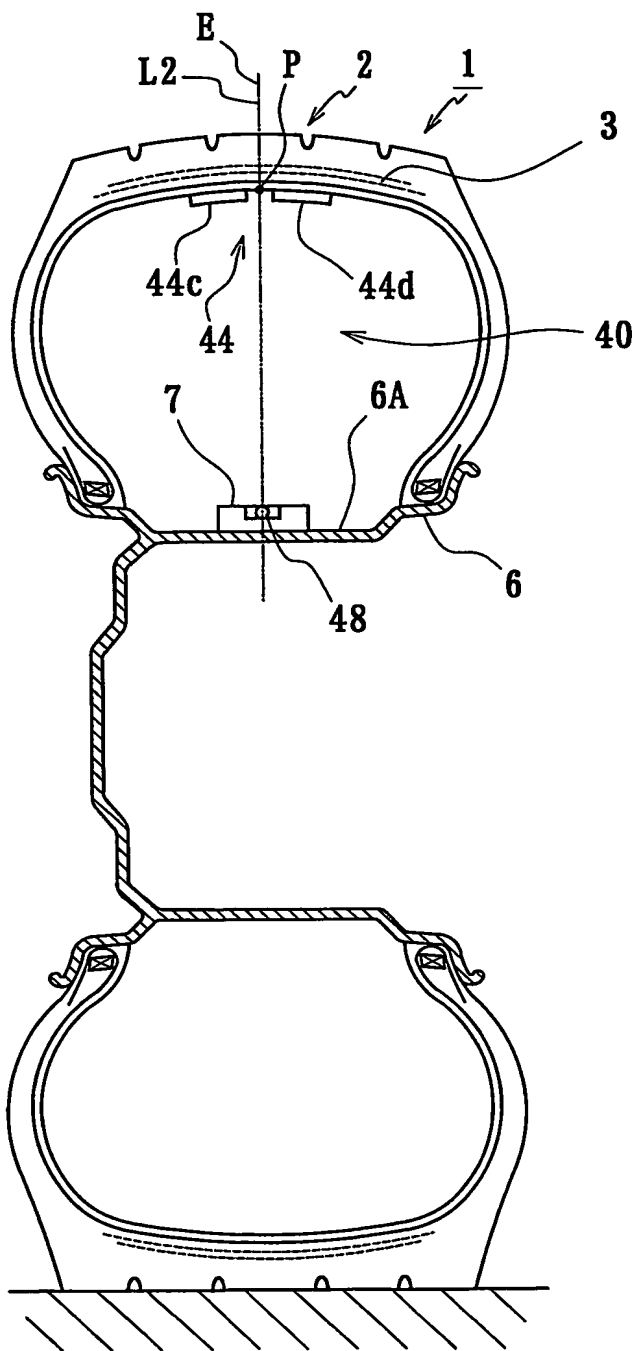


FIG. 19

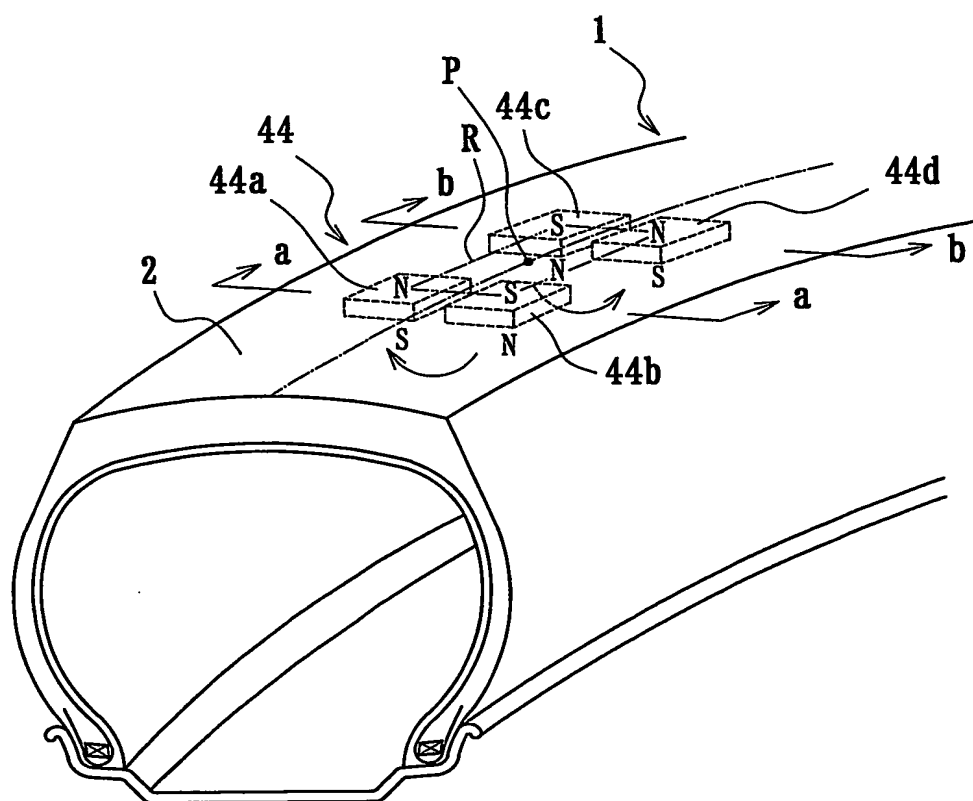


FIG. 20a

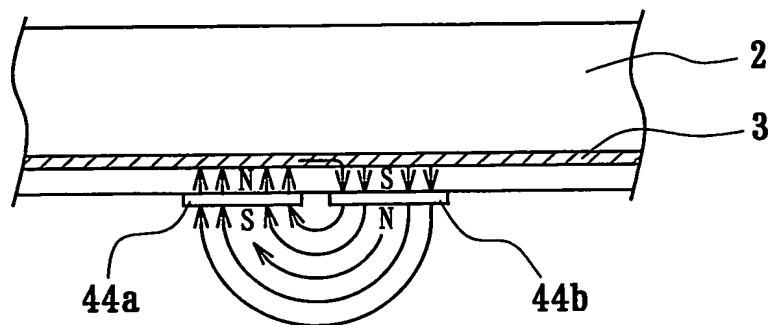
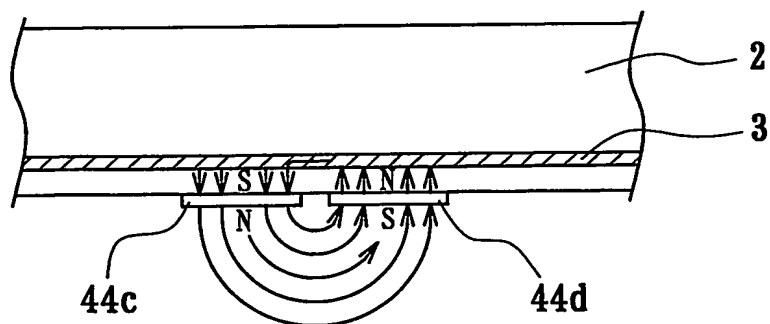


FIG. 20b



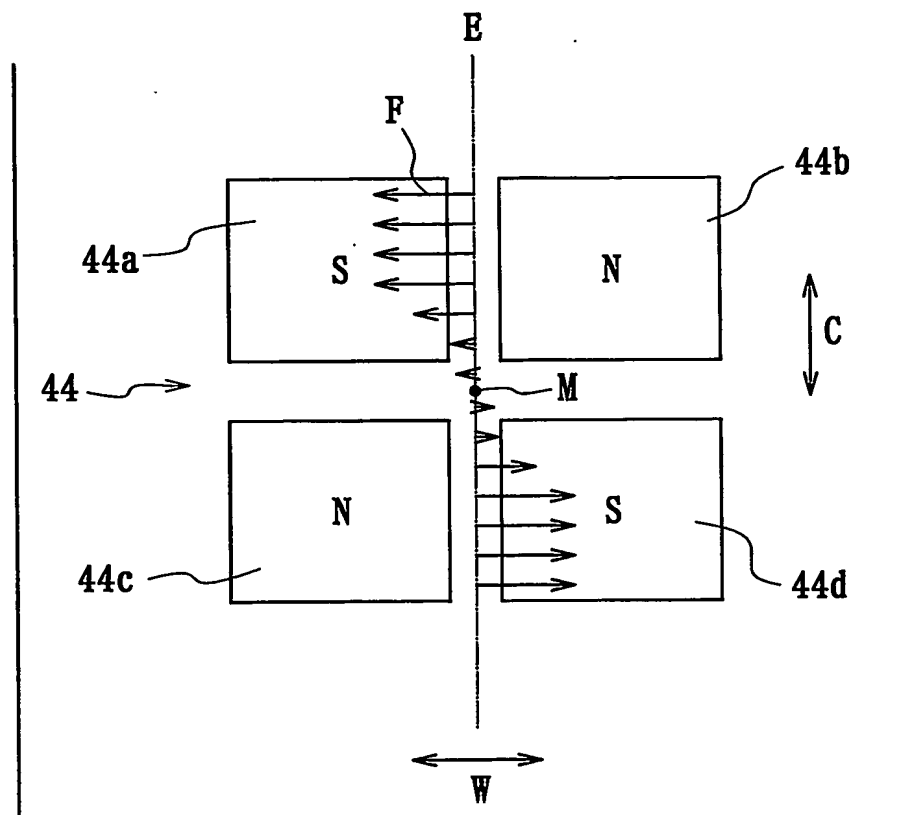
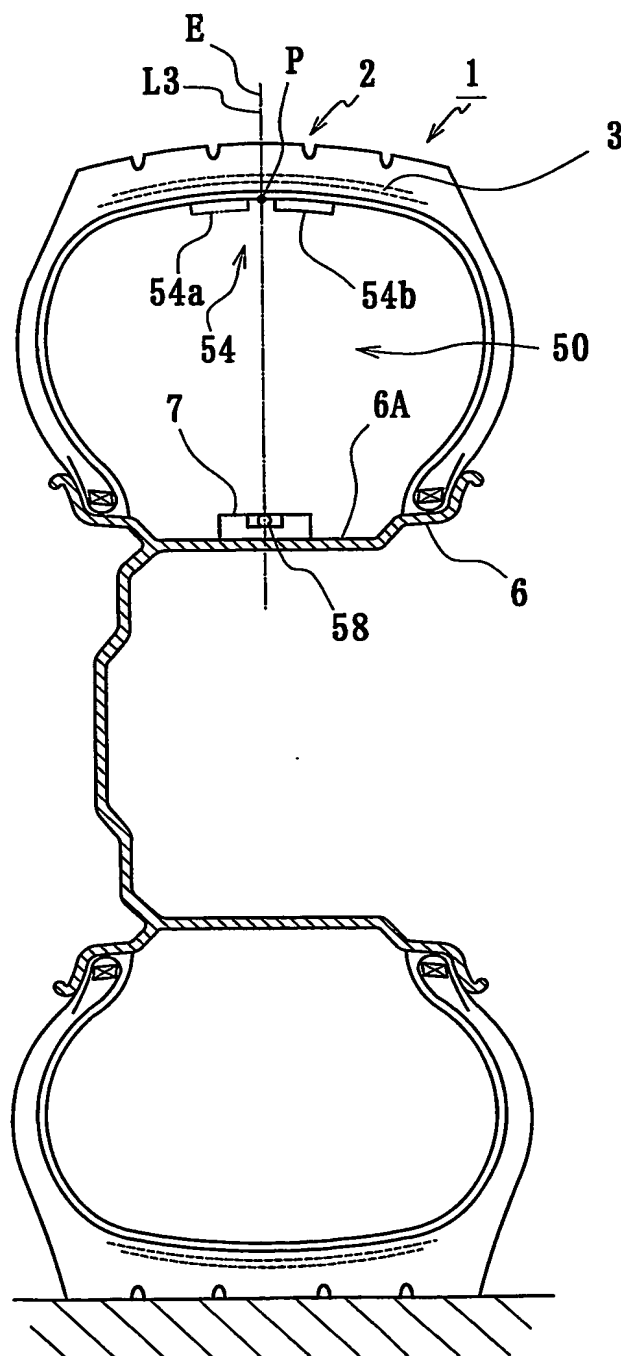
*FIG. 21*

FIG. 22



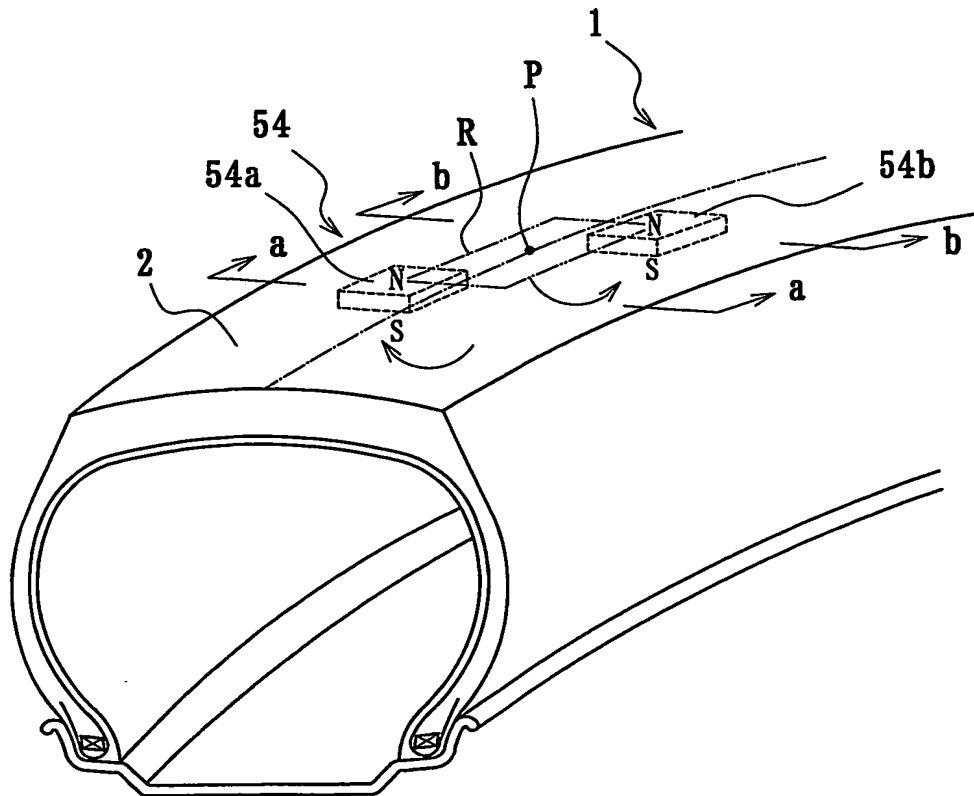
*FIG. 23*

FIG. 24a

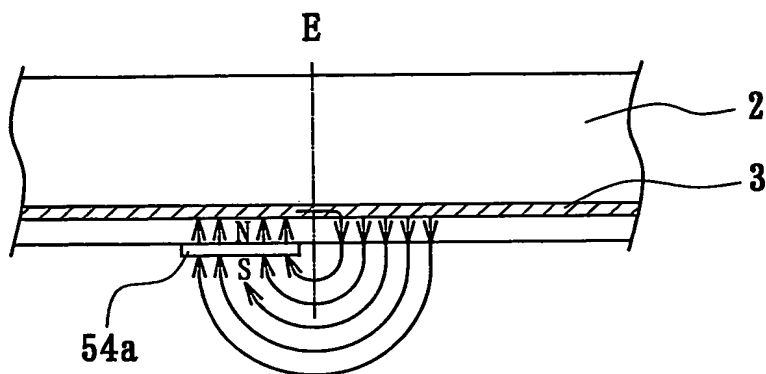


FIG. 24b

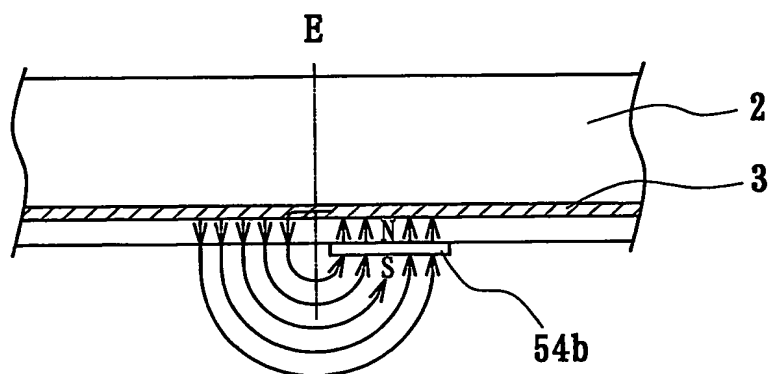


FIG. 25

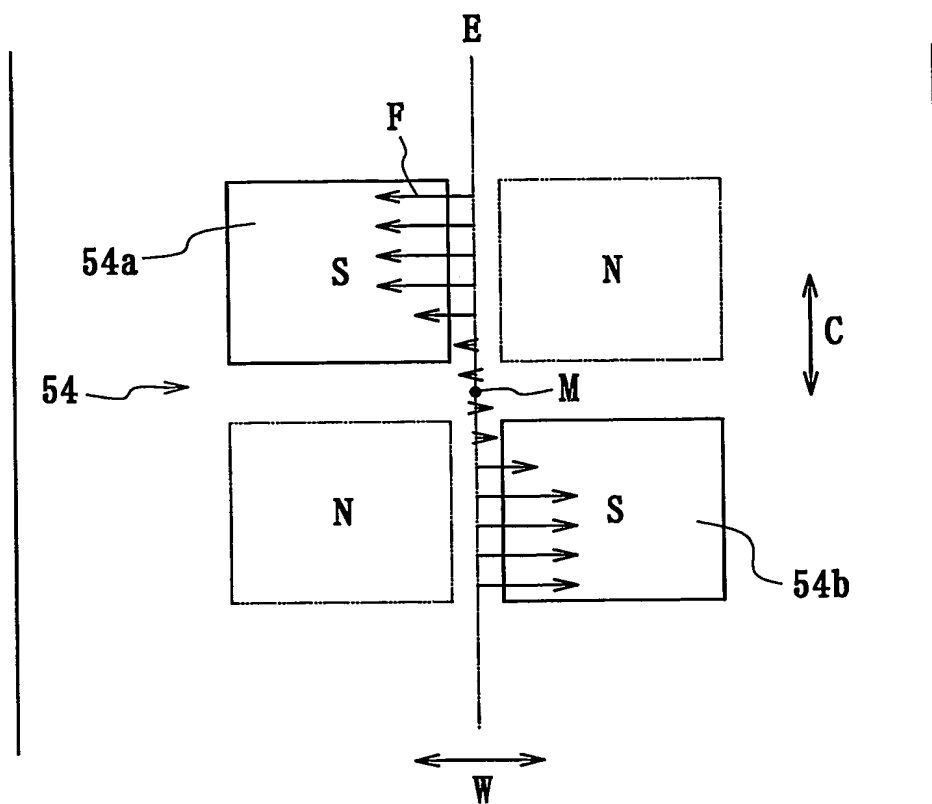




FIG. 26

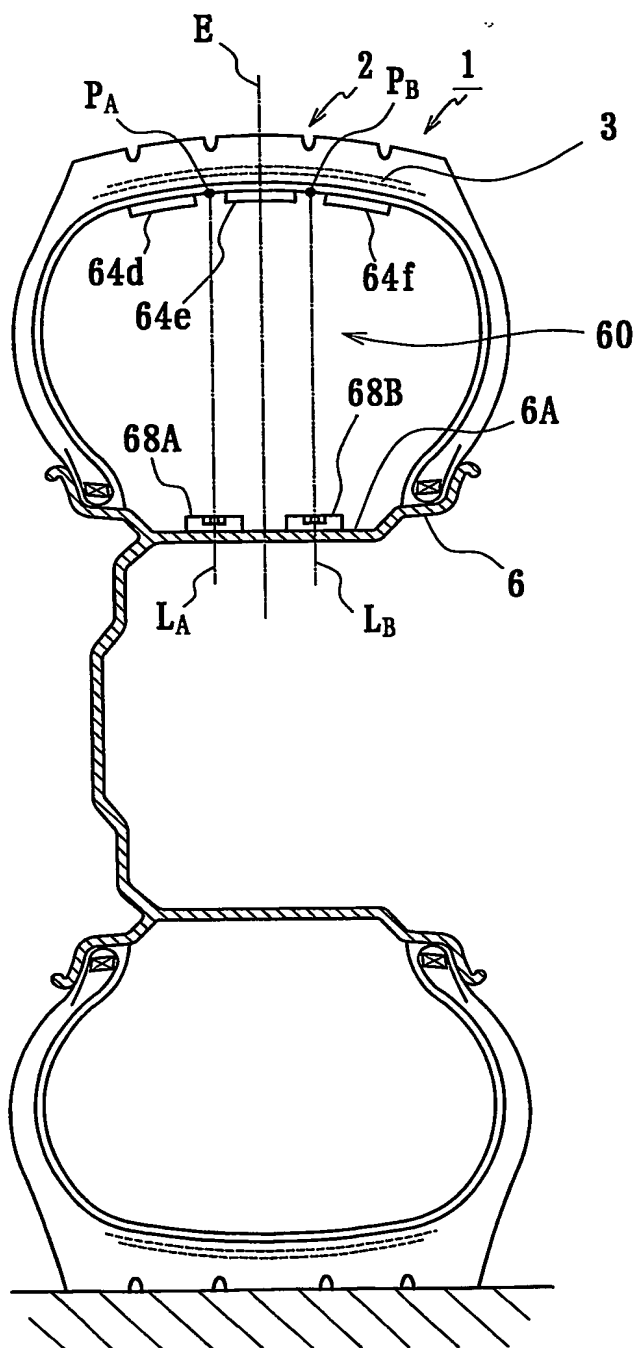


FIG. 27

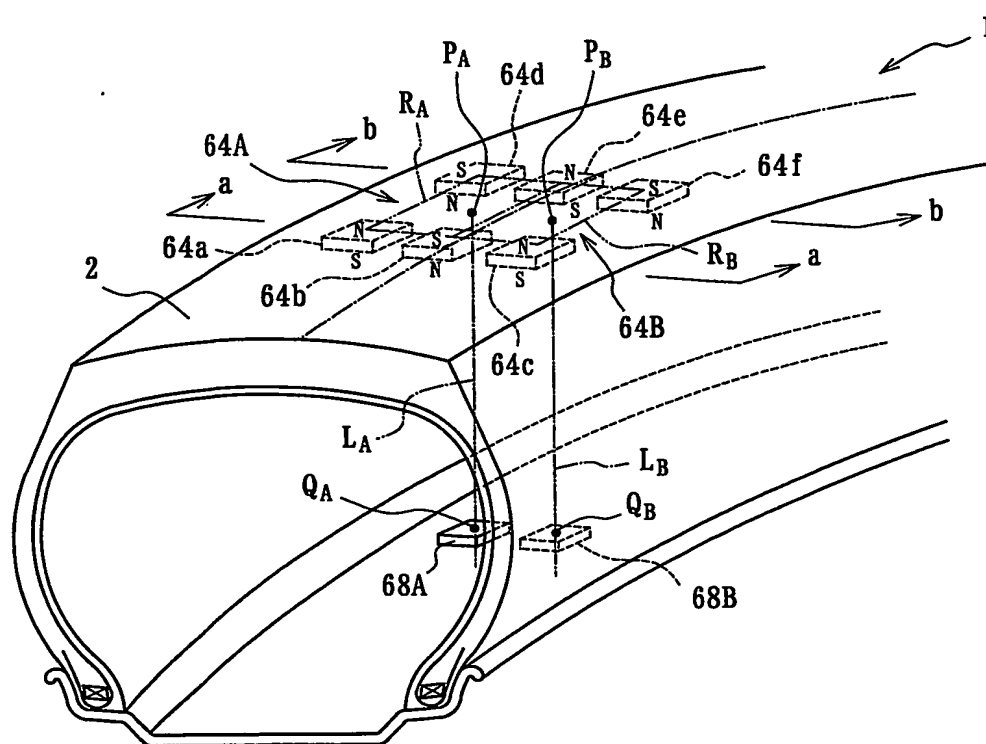


FIG. 28a

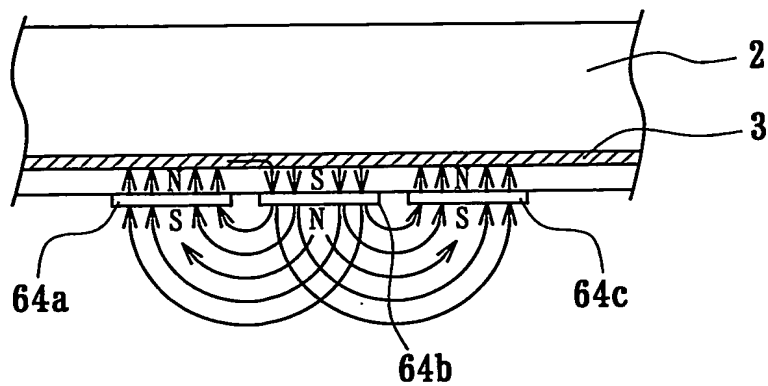


FIG. 28b

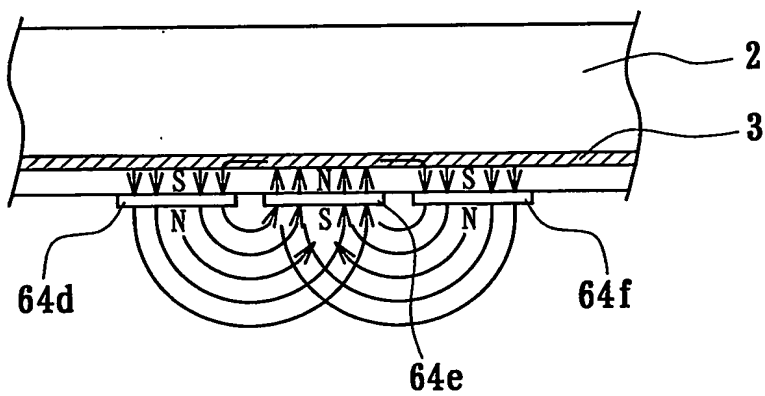


FIG. 29

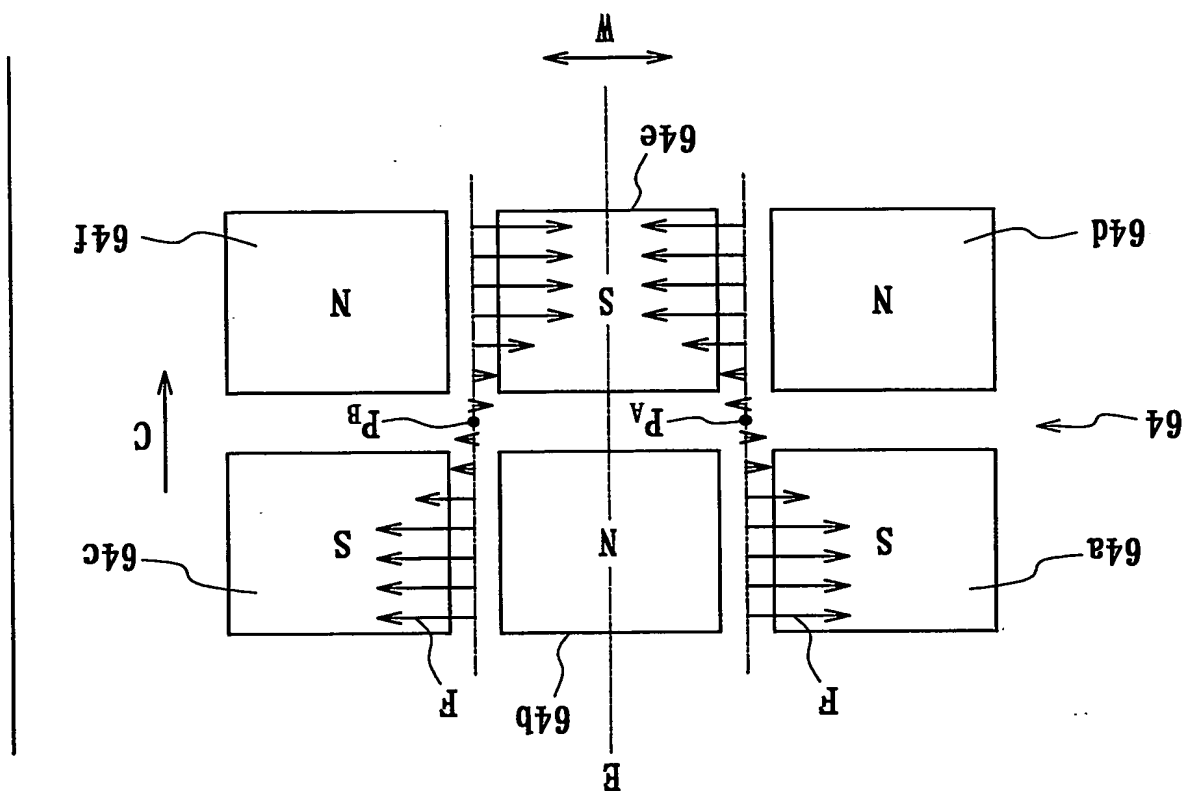


FIG. 30a

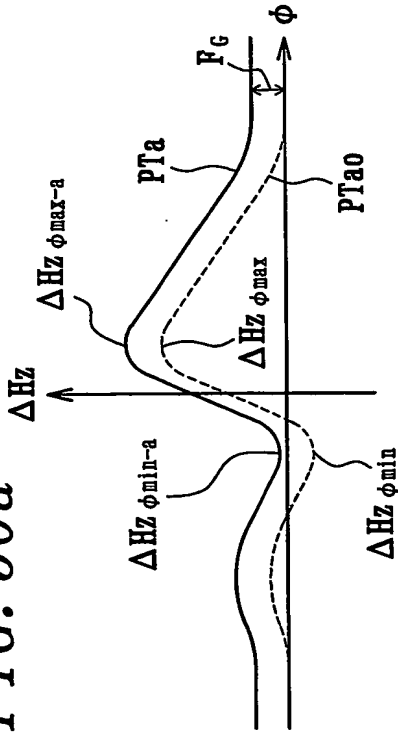


FIG. 30b

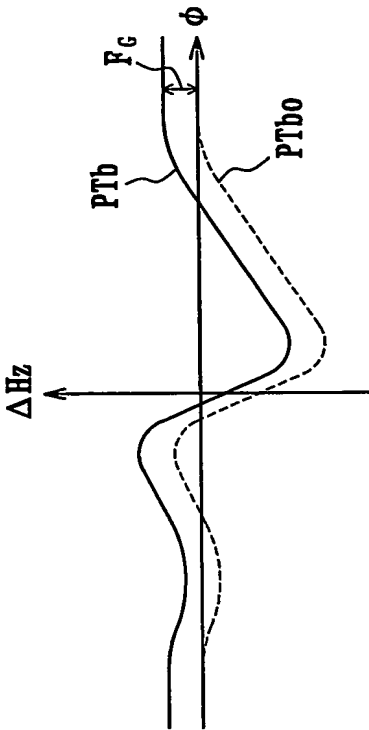


FIG. 30c

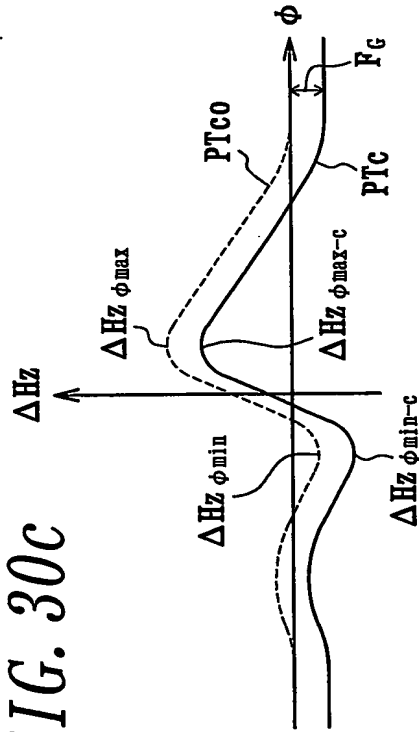


FIG. 30d

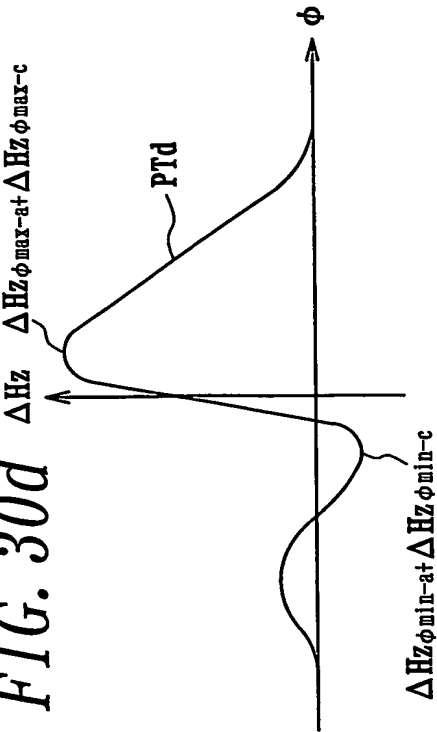


FIG. 31

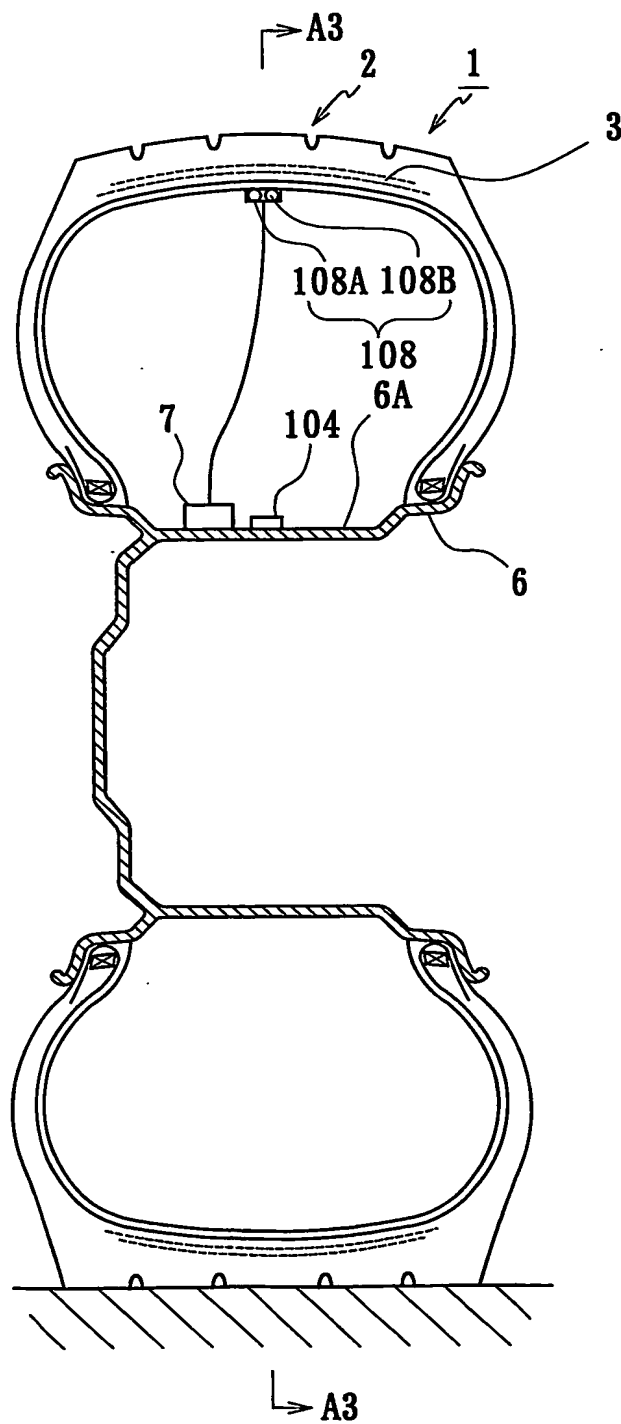


FIG. 32

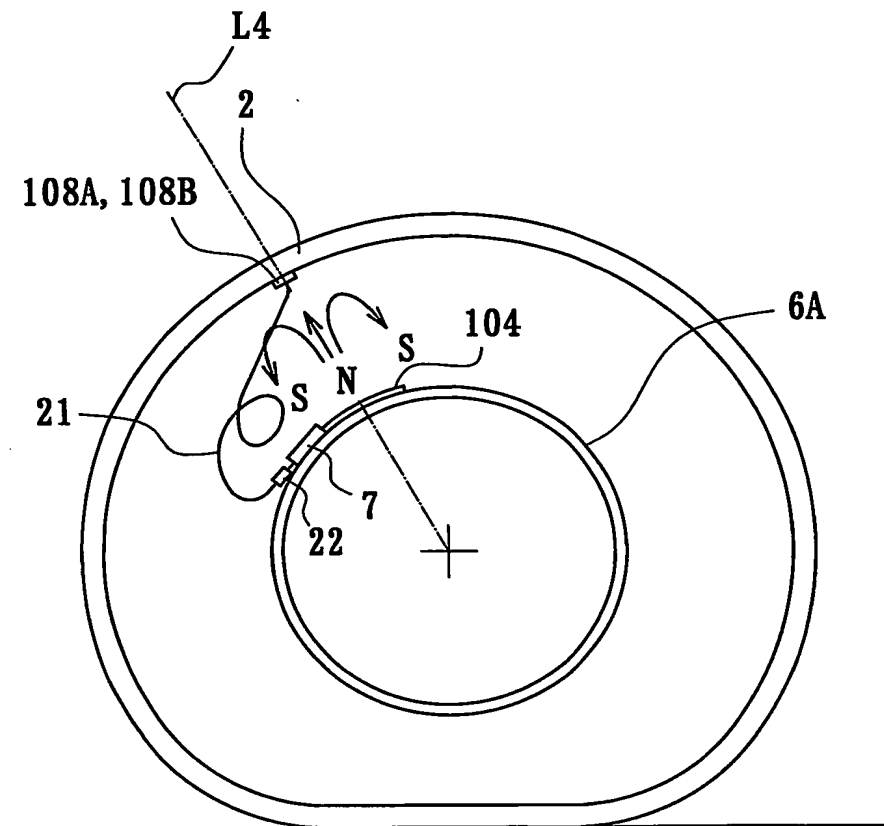


FIG. 33

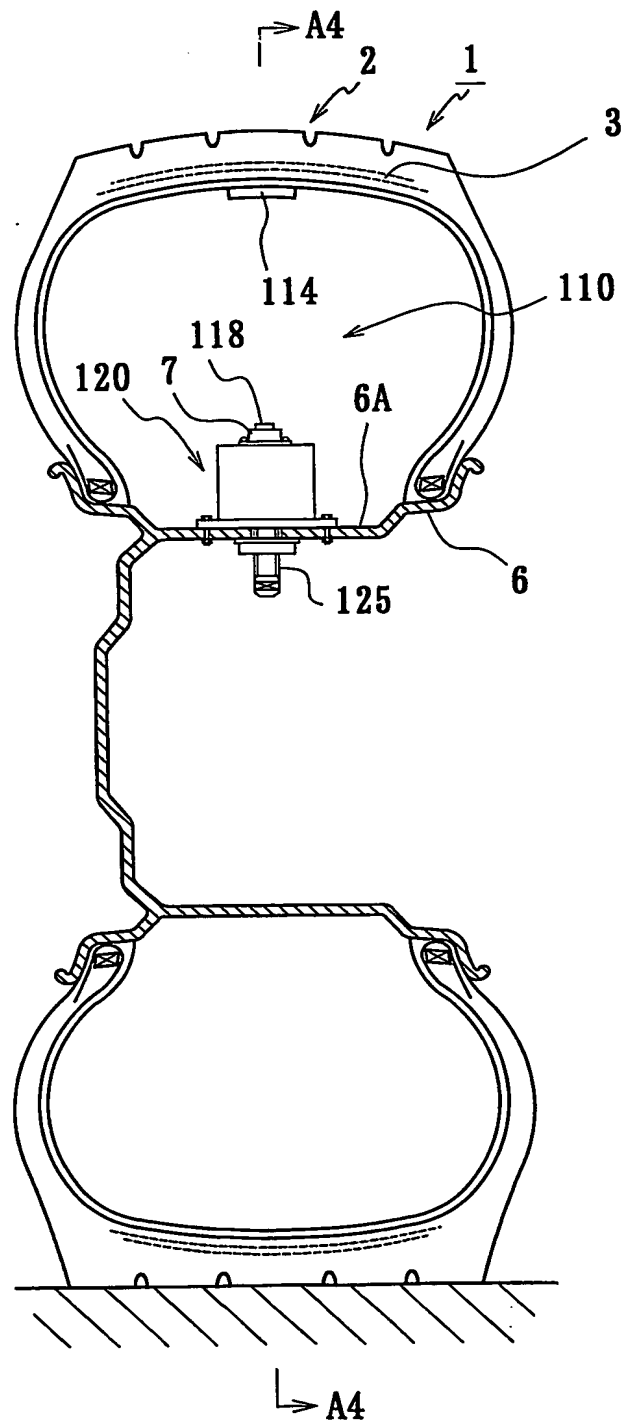




FIG. 34

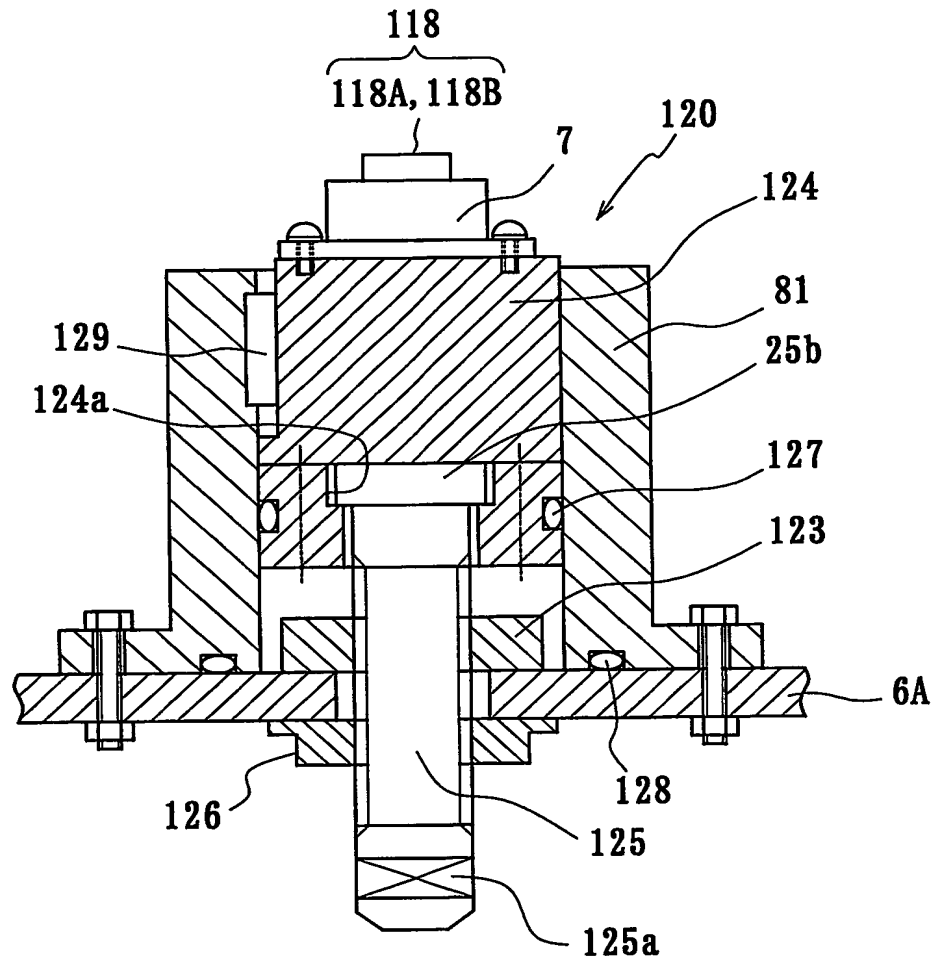
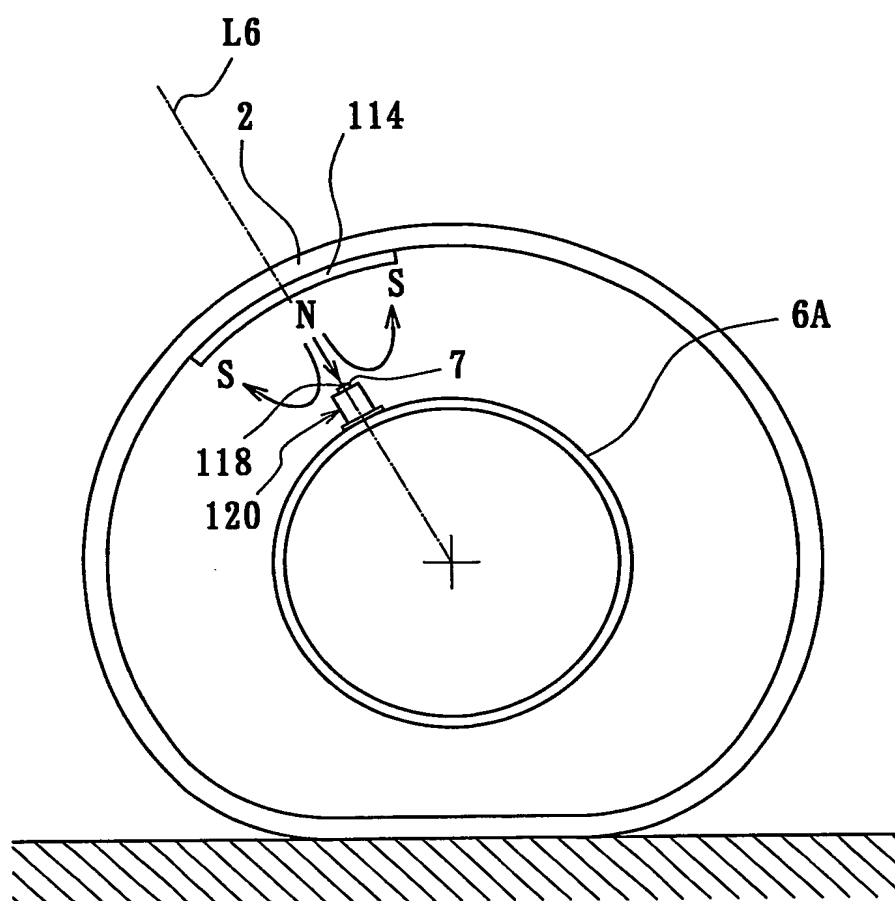
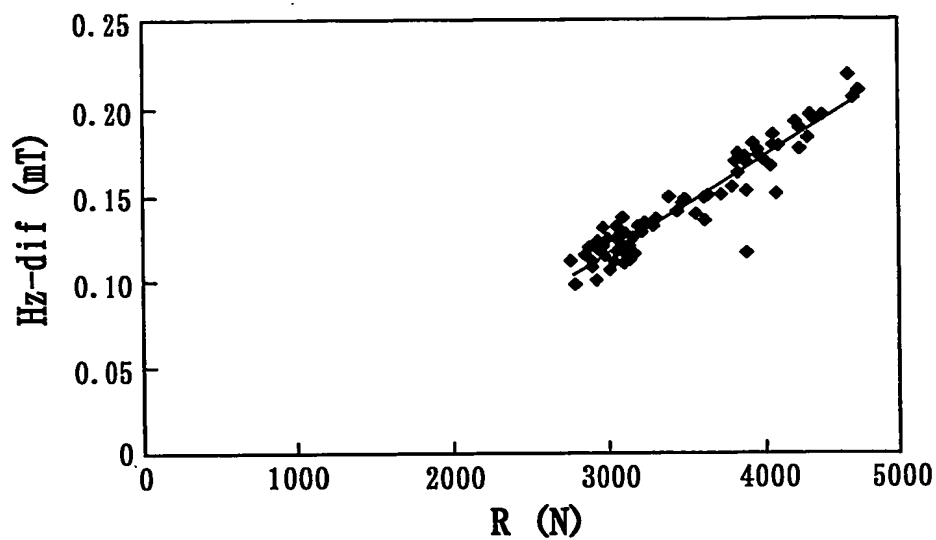
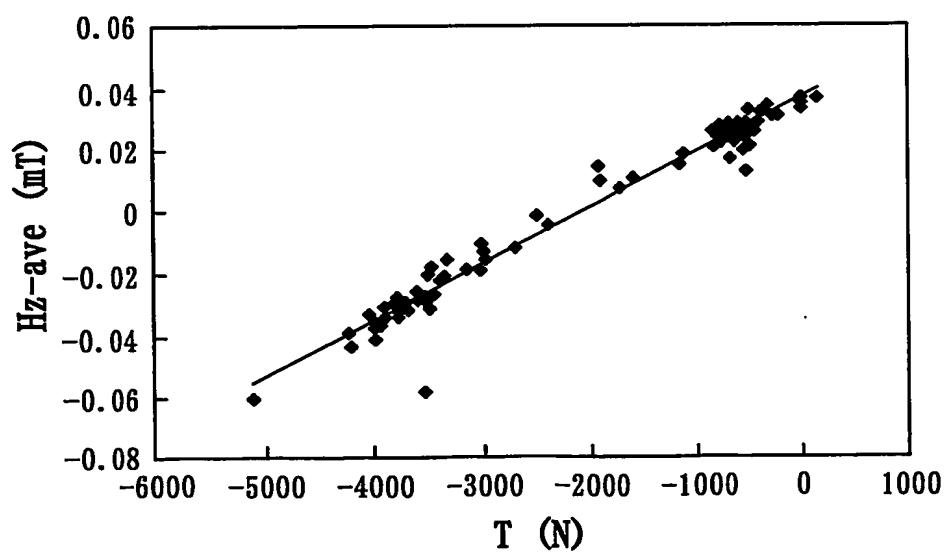




FIG. 36



*FIG. 37a**FIG. 37b*

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/07441

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> B60T8/58, B60R16/02, G01L5/16

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> B60T7/12-7/22, B60T8/00, B60T8/32-8/96, B60R16/02,  
G01L5/00-5/28, G01B7/00-7/34

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	US 5895854 A (Thomas Becherer, Martin Fehrle), 20 April, 1999 (20.04.99), Fig. 1 & EP 849597 A & DE 19646251 A	1, 2, 7-18 3-5, 19
Y A	JP 2002-2472 A (Bridgestone Corp.), 09 January, 2002 (09.01.02), Column 3, lines 32 to 40; Figs. 1, 4 (Family: none)	1, 2, 7-18 3-5, 19
Y A	EP 881468 A (STMICROELECTRONICS S.r.l.), 02 December, 1998 (02.12.98), Fig. 3 & JP 11-83418 A & IT 97840452 A	7, 9-18 19

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
21 August, 2003 (21.08.03)Date of mailing of the international search report  
09 September, 2003 (09.09.03)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/07441

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 52-130602 A (Nippon Gakki Co., Ltd.), 02 November, 1977 (02.11.77), Fig. 3 (Family: none)	7, 9-18 19

## 国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP03/07441

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> B60T 8/58, B60R 16/02, G01L 5/16

## B. 調査を行った分野

## 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> B60T 7/12-7/22, B60T 8/00,  
B60T 8/32-8/96, B60R 16/02,  
G01L 5/00-5/28, G01B 7/00-7/34

## 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年  
日本国公開実用新案公報 1971-2003年  
日本国登録実用新案公報 1994-2003年  
日本国実用新案登録公報 1996-2003年

## 国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y A	US 5895854 A (Thomas Becherer, Martin Fehrle) 1999.04.20, Fig. 1 & EP 849597 A & DE 19646251 A	1, 2, 7-18 3-5, 19
Y A	JP 2002-2472 A (株式会社ブリヂストン) 2002.01.09, 第3欄第32-40行, 図1, 図4 (ファミリーなし)	1, 2, 7-18 3-5, 19

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

- 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

- 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

21.08.03

国際調査報告の発送日

09.09.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)  
郵便番号100-8915  
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

森本 康正



3W 2920

電話番号 03-3581-1101 内線 3368

## C (続き) . 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y A	EP 881468 A (STMICROELECTRONICS S. r. l. ) 1998. 12. 02, Fig. 3 & JP 11-83418 A & IT 97840452 A	7, 9-18 19
Y A	JP 52-130602 A (日本楽器製造株式会社) 1977. 11. 02, 第3図 (ファミリーなし)	7, 9-18 19